UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

CONSOLIDAÇÃO DA METODOLOGIA DE MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE EM UMA PLANTA DE CELULOSE E PAPEL

Douglas Roberto Zaions

Orientador: Prof. Flávio Sanson Fogliatto, *Ph.D.*

Banca Examinadora:

Prof. César Antônio Leal, *Ph.D.*

Prof[a]. Dra. Carla S. Ten Caten

Prof. Dr. José Luis Duarte Ribeiro

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de produção como requisito parcial à obtenção do título de
MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Área de concentração: Gerência

Porto Alegre, 2003.

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Prof. Flávio Sanson Fogliatto, *Ph.D.*
Orientador
Escola de Engenharia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. José Luis Duarte Ribeiro
Coordenador PPGEP/UFRGS
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Banca Examinadora:

Prof. César Antônio Leal, *Ph.D.*
Dep[to] de Engenharia Nuclear – UFRGS

Prof[a]. Dra. Carla S. Ten Caten
Dep[to] de Engenharia de Produção – UFRGS

Prof. Dr. José Luis Duarte Ribeiro
Dep[to] de Engenharia de Produção – UFRGS

AGRADECIMENTOS

Neste momento gostaria de expressar meus agradecimentos a todos que de certa forma colaboraram para a realização deste trabalho. Dentre esses, há alguns a quem quero fazer agradecimentos especiais...

à Celulose Irani S.A., que me possibilitou tecnicamente a realização do estudo de caso.

à UFRGS – PPGEP, pela oportunidade de participar do programa de mestrado que muito enriqueceu meus conhecimentos.

ao Prof. Flávio Fogliatto, que acolheu minha proposta de mestrado e pela orientação, presteza e atenção dada durante esse período.

aos professores César Antônio Leal, Carla S. Ten Caten e José Luis Duarte Ribeiro pelas sugestões e participação na banca examinadora.

ao Prof. Nelson Jorge Shuch, que orientou a minha vida acadêmica e incentivou a realização do mestrado.

aos mestres, que me guiaram e cujos ensinamentos procurei seguir ao longo dessa trajetória.

aos colegas e amigos, que muito contribuíram com conhecimento, incentivo e amizade no decorrer do programa de mestrado.

aos colegas do Centro Tecnológico em especial aos professores Antônio Carlos Ferreira e José Carlos Azzolini e Direção da UNOESC – Joaçaba - SC, pelo apoio e por acreditarem na realização deste trabalho.

aos meus pais, Bogdan e Anna, formadores do meu caráter.

à minha esposa, Maria Ignez, cujo apoio foi decisivo para a conclusão deste trabalho.

DEDICATÓRIA

À Maria Ignez cujo amor e compreensão foram fundamentais: e, que, por muitas vezes, abriu mão da convivência como esposa, a fim de que este trabalho se realizasse.

ÍNDICE

LISTAS DE FIGURAS

LISTA DE QUADROS

LISTA DE SÍMBOLOS UTILIZADOS

A – Disponibilidade.

C_{E_j} - Grau de relação da falha funcional com as conseqüências da falha.

D – Índice de Detecção da Falha.

D_{M_i} - Grau de dificuldade em realizar a manutenção em um item físico.

$G_{C_{i,j}}$ - Grau de correlação dos itens físicos com as falhas funcionais.

I_{CE_i} - Índice de criticidade econômica.

I – Indisponibilidade.

MTBF – Tempo Médio Entre Falhas.

MTTR – Tempo Médio de Reparo.

O – Índice de Ocorrência da Falha.

PVF – Periodicidade de tarefas de verificação funcional.

R – Grau de Risco da Falha.

S – Índice de Severidade da Falha.

λ - Taxa de Falha.

LISTA DE SIGLAS

A – Ano.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção.

AIAG – Grupo de Ação da Indústria Automotiva.

ALD – Árvore Lógica de Decisão.

ASQ – Sociedade Americana para Qualidade.

CBM – Manutenção Baseada na Condição.

D – Dia.

DD – Diagrama de Decisão Para Seleção de Tarefas de Manutenção.

DOD – Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América.

EPRI – Instituto de Pesquisa e Geração de Energia Elétrica dos Estados Unidos da América.

FAA – Força Aérea Americana.

FMEA – Análise dos Modos de Falha e Efeitos.

FPQM – Fábrica de Pasta Químico-mecânica.

FTA – Análise da Árvore de Falhas.

L – Tarefa de Lubrificação.

M – Mês.

MCC – Manutenção Centrada em Confiabilidade.

MSG – Grupo Piloto de Manutenção.

NASA – Agência Espacial Americana.

NBR – Norma Brasileira Registrada

PCM – Planejamento de Controle da Manutenção.

R – Tarefa de Reaperto.

RCFA – Análise da Causa Raiz da Falha.

S – Semana.

SAE – Sociedade Automotiva de Engenheiros.

TDBT - Tarefa de Descarte Baseada no Tempo.

TIR -Tarefa de Inspeção Rotineira.

TMBC -Tarefa de Monitoramento Baseada nas Condições.

TOF – Tarefa de Operar até a Falha.

TPM – Manutenção Produtiva Total.

TR - Tarefa de Reprojeto.

TRBT - Tarefas de Restauração Baseada no Tempo.

TVF – Tarefa de Verificação Funcional.

RESUMO

O setor de manutenção, em geral, é visto como uma das áreas mais propícias à implementação de melhorias na qualidade da gestão e dos serviços. Nesse campo, a Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) tem apresentado bons resultados. A MCC é uma metodologia que permite determinar racionalmente o que deve ser feito para assegurar que um equipamento continue a cumprir suas funções em seu contexto operacional, determinando tarefas de manutenção, necessárias para manter o sistema funcionando, ao invés de restaurar o equipamento a uma condição ideal. A metodologia de implementação da MCC descrita neste trabalho contempla as seguintes etapas: (*i*) preparação do estudo; (*ii*) seleção do sistema e subsistemas funcionais; (*iii*) análise das funções e falhas funcionais; (*iv*) seleção dos itens críticos do subsistema; (*v*) coleta e análise de informações; (*vi*) análise de modos de falha e efeitos; (*vii*) seleção das tarefas de manutenção preventiva; e (*viii*) elaboração do plano de manutenção.

O objetivo deste trabalho é consolidar as definições e etapas para implementação da MCC no setor de preparação de polpa da fábrica de pasta químico-mecânica (FPQM) da Celulose Irani S.A. Inicialmente, foi feita uma abordagem sobre os métodos de manutenção, discorrendo em específico sobre aqueles voltados à MCC. Em seguida, são apresentadas as definições, as principais ferramentas utilizadas pela MCC e a sistemática de implementação da MCC na visão de vários autores. Posteriormente, foi realizado um estudo de caso em que foram determinadas as tarefas de manutenção para manter as funções dos itens físicos da FPQM. Nas etapas de implementação, são geradas informações sobre os subsistemas e são determinadas as funções, as falhas funcionais, os modos de falha, a causa e o efeito da falha e se faz a descrição do realizado em cada etapa, esclarecendo e ampliando a compreensão do leitor, diante da MCC. Os resultados obtidos demonstram que a metodologia da MCC é um processo contínuo e sua aplicação deve ser reavaliada conforme a experiência operacional for acumulada, e que, apesar da ausência de informações históricas sobre falhas de itens físicos, a MCC permite definir planos de manutenção e aprimorar o conhecimento acerca do sistema em estudo.

ABSTRACT

The maintenance sector, in general, is seen as one of the most propitious areas for implementing improvements in the quality of management and services. In this respect, Reliability Centered Maintenance (RCM) has presented good results. RCM is a methodology for determining rationally what to do to assure that an equipment continues to fulfill its functions in its operational context, establishing maintenance tasks necessary to keep the system functioning instead of restoring the equipment to an ideal condition. RCM methodology implementation as described in this work encompasses the following stages: (*i*) study preparation; (*ii*) system and subsystem selection; (*iii*) system functions and functional failures analysis; (*iv*) critical items selection; (*v*) data collection and analysis; (*vi*) failure mode and effects analysis; (*vii*) preventive maintenance tasks selection; and (*viii*) maintenance plan elaboration.

The objective of this work is to formalize definitions and stages for RCM implementation in a pulp preparation section of a chemistry-mechanics paste plant (FPQM) owned by Celulose Irani. Initially, maintenance methods are reviewed, in particular those related to RCM. After that, definitions, main tools in RCM and RCM implementation approaches, as viewed by different authors, are presented. Next, it was carried out a case study in which had maintenance tasks to keep the functions of the FPQM physical items were determined. In the implementation stages, information on subsystems are generated and the functions, functional imperfections, failure modes, cause and effects are determined, clarifying and extending the understanding about RCM. The obtained results demonstrate that the RCM methodology is a continuous process and that its application must be reevaluated according to accumulated operational experience, and that despite the absence of historical information about item imperfections, RCM allows to define maintenance plans and to improve the knowledge concerning the system studied.

1 INTRODUÇÃO

1.1 COMENTÁRIOS INICIAIS

A época atual é de modificações nos cenários produtivos mundiais. A indústria chegou a um estágio em que ganhos de produtividade são indispensáveis à sua sobrevivência. A competição acirrada entre empresas determina um cenário onde não basta apenas produzir; é preciso também competir com qualidade e baixo custo.

Na busca de maior produtividade e competitividade, a produção mecanizada e automatizada tem garantido a produção de melhores produtos em grandes volumes e a custos reduzidos. Máquinas com maiores potências e velocidades, além de maior custo, tornam-se cada vez mais comuns e necessárias. Tais máquinas e processos somente podem produzir com as características de qualidade exigidas se puderem desempenhar as suas funções básicas de forma constante, sem afetar a segurança humana e a integridade ambiental. A qualidade dos produtos depende, cada vez mais, do bom funcionamento dos equipamentos e das instalações de produção. Essas preocupações têm afetado significativamente a tarefa da gestão industrial, resultando em busca intensa da aplicação de novas tecnologias, metodologias e filosofias.

Ford, em 1926, ao descrever os seus princípios de gerenciamento, estabelecia a necessidade de manter as máquinas nas melhores condições possíveis de funcionamento. A partir de 1960, o efeito de paradas de produção foi se agravando, devido à crescente utilização de sistemas japoneses de produção puxada. Nesse contexto, pequenas paradas da produção podiam afetar a planta inteira, devido à pequena utilização de estoques.

Equipamentos parados em momentos de produção programada, ou com baixa produção decorrente de manutenção inadequada, podem implicar em perdas de clientes, além de afetar a qualidade do produto final. Atualmente, a manutenção é considerada de forma estratégica, devendo ser eficiente e eficaz, como salientam Pinto e Nasif (1999), em termos de confiabilidade, disponibilidade, custo e qualidade.

Segundo Mirshawka e Olmedo (1993), um dos objetivos principais da gestão da manutenção moderna é maximizar a produção (aumentando a disponibilidade dos equipamentos) com o menor custo e a mais alta qualidade, sem infringir normas de segurança e causar danos ao meio ambiente.

Novas estratégias, tecnologias e metodologias de manutenção são o alvo principal de empresas modernas, na busca de um melhor gerenciamento dos custos associados à manutenção. Métodos como a Manutenção Centrada em Confiabilidade – MCC, Manutenção Produtiva Total – TPM (*Total Productive Maintenance*) figuram como os métodos mais utilizados com sucesso.

É dentro desse contexto que se insere o presente trabalho, que trata da metodologia de gestão da manutenção baseada na Manutenção Centrada em Confiabilidade.

1.2 TEMA E JUSTIFICATIVA

A manutenção e sua gestão assumem importância crescente no contexto produtivo devido, fundamentalmente, ao aumento da complexidade dos sistemas físicos e das suas relações com o ambiente que o cerca. Cabe, assim, aos gestores buscarem novas e modernas estratégias de manutenção para assegurar o aumento da competitividade em nível internacional.

A evolução dos conceitos e técnicas de gestão da manutenção, como, por exemplo, a análise de falhas, o monitoramento sob condição, o trabalho em equipe e as análises estatísticas, culminou na Manutenção Centrada em Confiabilidade - metodologia que indica quando e como aplicar o melhor método de manutenção. A Manutenção Centrada em Confiabilidade, expressão do Inglês *Reliability Centered Maintenance*, conhecida pela sigla inglesa RCM ou portuguesa MCC, é um processo usado para manter e assegurar que qualquer ativo físico continue a desempenhar a função que lhe foi concebida.

A aplicação da MCC assegura o aumento da confiabilidade e da disponibilidade dos itens físicos, além de aumentar a produtividade, a segurança operacional e ambiental e a redução de custos de uma empresa. Também, assegura que novos ativos sejam colocados em serviço efetivo com rapidez, confiança e precisão.

Autores como Srikrishna *et al.* (1996) salientam que a confiabilidade de um equipamento ou de um elemento de máquina permite decidir sobre a qualidade e freqüência da manutenção

necessária. A MCC é um método que analisa se e quando a manutenção é tecnicamente factível e efetiva. Permite elevar a eficiência da manutenção, preservando as funções do sistema, através da utilização da técnica de Análise de Modos e Efeitos de Falhas – FMEA, gerando um plano integrado de manutenção que eleve a qualidade e a produtividade das empresas (XENOS, 1998).

Embora seja possível encontrar material bibliográfico sobre MCC, poucos abordam aspectos relacionados à sua implementação prática. Especificamente nos processos das empresas de papel e celulose, não se tem conhecimento de procedimentos sendo utilizados adequadamente. A carência de informações a respeito da implementação dessa metodologia em empresas do setor de papel e celulose motivou o desenvolvimento do presente trabalho, abrindo a perspectiva de novas estratégias serem adotadas na gestão da manutenção em empresas desse setor.

1.3 OBJETIVO

Os objetivos, principal e específicos, almejados a partir da realização deste trabalho, são apresentados abaixo.

1.3.1 Objetivo Principal

O objetivo principal deste trabalho é apresentar a MCC, organizá-la e adaptá-la a gestão da manutenção industrial em uma empresa de celulose e papel.

1.3.2 Objetivos Específicos

Dentre os objetivos específicos almejados com a realização deste trabalho, listam-se:

(i) ampliar a bibliografia sobre o tema Manutenção Centrada em Confiabilidade, com ênfase voltada ao segmento de papel e celulose;

(ii) apresentar os conceitos, métodos e tarefas de manutenção, com ênfase na Manutenção Centrada em Confiabilidade;

(iii) descrever e analisar a implementação da MCC no setor de Preparação de Polpa da Fábrica de Pasta Químico-mecânica – FPQM da Celulose Irani S.A.; e

(iv) avaliar a implementação da MCC no setor de manutenção da empresa;

1.4 MÉTODO DE PESQUISA E DE TRABALHO

1.4.1 Método de Pesquisa

A literatura metodológica demonstra que o conhecimento científico é adquirido pelo método científico, o qual propicia uma retomada constante de novas descobertas ou ampliações do conhecimento. O conhecimento científico caracteriza-se pelo acolhimento metódico e sistemático dos fatos. Por meio da classificação, comparação, aplicação dos métodos, análise e síntese o pesquisador extrai do contexto princípios e leis que estruturam um conhecimento válido e universal. O conhecimento científico, e as seqüências de suas etapas, configura um método de pesquisa.

Após examinarem-se os diversos tipos de métodos de pesquisa, optou-se, para a realização deste trabalho, pelo método de estudo de caso. O estudo de caso é uma estratégia que leva em consideração a compreensão como um todo do assunto investigado. Nessa estratégia, todos os aspectos são investigados (FACHIN, 2003).

O estudo é uma descrição analítica de um evento ou de uma situação *in-loco,* e o método de estudo de caso serve de guia para o desenvolvimento de procedimentos, com finalidade de obter novas descobertas. Para Schramm (apud YIN, 2001), a essência de um estudo de caso é que ele tenta esclarecer uma decisão ou um conjunto de decisões, avaliando o motivo pelo qual foram tomadas, como foram implementadas e com quais resultados.

Segundo Godoy (apud ROGLIO, 1998), o estudo de caso constitui-se em um tipo de pesquisa que tem por objetivo a análise intensa de uma dada unidade, que pode ser um indivíduo, um grupo de indivíduos ou mesmo uma empresa.

Para conectar logicamente os dados empíricos às questões de pesquisa inicial e às conclusões, Yin (2001) salienta cinco componentes importantes a serem avaliados: (*i*) as questões de um estudo; (*ii*) suas proposições, se houver; (*iii*) suas unidades de análise; (*iv*) a lógica que une os dados às proposições; e (*v*) os critérios para se interpretarem as descobertas. Para este trabalho, os componentes acima descritos são tratados individualmente nos itens a seguir.

- **Questões de Estudo**

A estratégia de estudo de caso é mais apropriada a responder a questões do tipo "como" e "por que". Yin (2001) menciona que a definição das questões de estudo é essencial para conduzir a estratégia de forma apropriada.

A análise dos objetivos principal e específico deste trabalho conduziu a elaboração de quatro questões de estudo, como pode ser visto no Quadro 1.1.

Quadro 1.1 – Questões do estudo de caso

OBJETIVOS	QUESTÕES DO ESTUDO DE CASO
Consolidar a MCC e organizá-la de forma que possa facilitar a sua utilização na gestão da manutenção industrial.	**Quais** os métodos de implementação da MCC e suas características?
Descrever e analisar a sistemática de implementação da MCC na empresa em estudo.	**Como** usar o método da MCC na empresa em estudo?
Avaliar a implementação da MCC.	**Quais** as conseqüências e melhorias com a implementação da MCC?

- **Proposições do estudo**

Para conduzir o trabalho, fez-se necessário estabelecer os propósitos do estudo. Yin (2001) salienta que as proposições do estudo devem estar associadas a algo a ser analisado dentro do escopo do trabalho. Nascimento (2002) salienta que as proposições do estudo são associadas aos objetivos específicos do trabalho. Assim, as proposições do estudo podem ser vistas no Quadro 1.2.

- **Unidade de Análise**

Segundo Yin (2001), a unidade de análise é um componente que se relaciona com o problema fundamental de definir o que é um "caso" e também definir a maneira como as questões iniciais da pesquisa foram definidas.

A unidade de análise do presente trabalho compreende as funções do subsistema de depuração da fábrica de pasta químico-mecânica. E, as subunidades de análise compreendem as falhas funcionais e os itens físicos do subsistema de depuração associado às suas funções.

Quadro 1.2 – Proposições do estudo

OBJETIVOS	PROPOSIÇÕES DO ESTUDO
Analisar e descrever a sistemática de implementação da MCC na empresa em estudo.	1. Descrever as fases de implementação da MCC na empresa em estudo. 2. Identificar as funções e as falhas funcionais. 3. Analisar os modos de falha e seus efeitos. 4. Relacionar as atividades de manutenção propostas pela MCC.
Identificar os principais problemas na implementação da MCC.	6. Relacionar os problemas encontrados na implementação da MCC.

1.4.2 Método de Trabalho

A metodologia empregada na realização deste trabalho consiste, inicialmente, de uma revisão bibliográfica sobre o tema Manutenção Industrial, abrangendo o Histórico da Manutenção e, após, são tratados os aspectos associados às definições da manutenção industrial. Em seguida, são abordados os aspectos mais especificamente associados ao processo da Manutenção Centrada em Confiabilidade, em que é apresentada a sistemática para implementação da MCC numa empresa do setor de papel e celulose.

O trabalho de implementação da MCC na empresa desenvolveu-se nas seguintes fases: (*i*) preparação do estudo, (*ii*) seleção do sistema e subsistemas funcionais (*iii*) análise das funções e falhas funcionais, (*iv*) seleção dos itens críticos; (*v*) coleta e análise de informações; (*vi*) análise de modos e efeitos de falhas; (*vii*) seleção de tarefas de manutenção preventiva adequadas ao sistema; e, (*viii*) elaboração do plano de manutenção;

Por último, com base nas informações obtidas, elaboram-se as conclusões e as sugestões para futuros trabalhos sobre o tema MCC.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos, com os conteúdos apresentados na seqüência.

No Capítulo 1, são apresentados os comentários iniciais, o tema, a justificativa, os objetivos, os método de pesquisa e a estrutura da dissertação.

No Capítulo 2 é realizado uma fundamentação teórica para o desenvolvimento do trabalho na qual é feita uma introdução sobre o histórico da manutenção industrial, com enfoque voltado a MCC, incluindo conceitos e definições associadas à prática e á gestão da manutenção. O capítulo também apresenta uma revisão dos conceitos e das definições utilizados na MCC, ferramentas utilizadas e da sistemática de implementação da MCC.

No capítulo 3 é realizado a metodologia de implementação da MCC, identificando os passos operacionais aplicados no estudo de caso.

No Capítulo 4, é realizado um estudo de caso, em que a MCC é aplicada no gerenciamento da manutenção industrial no setor de Preparação da Polpa da Fábrica de Pasta Químico-mecânica da empresa Celulose Irani S.A, localizada no município de Campina da Alegria, no estado de Santa Catarina.

No Capítulo 5, são apresentadas as conclusões do trabalho bem como sugestões para a realização de trabalhos futuros.

1.6 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

As limitações desta dissertação de mestrado vêm listadas nos parágrafos abaixo. As duas primeiras são de caráter teórico; as demais estão relacionadas ao estudo de caso.

Este trabalho não pretende esgotar a discussão sobre MCC. As propostas traçadas visam à consolidação de estudos referentes à implementação da MCC. Desse modo, seu propósito não é desenvolver uma nova proposta ao MCC, mas reunir informações capazes de facilitar à sua utilização, mesmo que com algumas alterações específicas à aplicação desejada.

Embora importante, a análise dos custos da manutenção não fará parte da abordagem deste trabalho.

Em função da implementação da metodologia demandar muito tempo e dedicação de especialistas e técnicos, a análise se limitará a um subsistema funcional em específico, bem como apresentará, o estudo de caso parcial, uma vez que a inclusão de toda a empresa e a implementação da metodologia da MCC na sua totalidade se daria em um longo prazo, o que inviabilizaria o cumprimento do tempo previsto para a conclusão do trabalho.

É importante enfatizar também que, como a análise da MCC envolve várias áreas diferentes, este projeto piloto se restringirá à análise dos itens físicos mecânicos, ficando as demais áreas fora da análise.

Devido à falta de informações históricas sobre falhas ocorridas no subsistema em estudo, não será possível determinar estatisticamente a periodicidade das tarefas de manutenção, ficando estas definidas através da opinião dos especialistas da empresa analisada.

2 MANUTENÇÃO INDUSTRIAL COM ENFOQUE NA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE

O presente capítulo tem por objetivo apresentar o histórico e a evolução da manutenção industrial, sendo abordados aspectos e definições associadas a metodologias de manutenção. A fim de padronizar a terminologia, são apresentados os métodos de manutenção e as respectivas tarefas associadas a cada método, enfatizando a Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC).

2.1 INTRODUÇÃO A MANUTENÇÃO

A manutenção industrial teve início com o surgimento da indústria mecanizada, no final do século XIX. Nesse período, a manutenção era realizada sem qualquer organização e planejamento. A manutenção começa a organizar-se com a Administração Científica de Henry Ford, na qual a produção em série necessitou de uma manutenção mais elaborada (TAVARES, 1999).

Até 1914, a atividade de manutenção era simples, tinha importância secundária e, por esse motivo, era executada pelo próprio pessoal de produção. Os reparos eram realizados com os recursos disponíveis e não havia treinamento específico. Com o advento da Primeira Guerra Mundial, as empresas necessitaram garantir volumes mínimos de produção e, em conseqüência, sentiram a necessidade de criar equipes que pudessem realizar reparos em máquinas operatrizes no menor tempo possível. Surgem, então, os primeiros “Setores de Manutenção”. O enfoque dado pela manutenção era puramente corretivo.

Durante os anos de 1930 até 1940, motivados pela Segunda Guerra Mundial e pela necessidade de aumento de rapidez de produção, surgiu a Manutenção Preventiva. A atividade de manutenção passou a ter uma estrutura tão importante quanto a de operação.

Durante a década de 50, com o desenvolvimento da indústria para atender às necessidades pós-guerra, a evolução da aviação comercial e da industria eletrônica, surge a “Engenharia de

Manutenção", encarregada de planejar e controlar a Manutenção Preventiva, além de efetuar a análise da causa e do efeito das falhas.

A partir dos anos 60, com o desenvolvimento da Engenharia da Confiabilidade, Engenharia Econômica, e Estatística e devido ao aperfeiçoamento dos sistemas de informação, e de controle e o surgimento dos computadores, a manutenção passou a adotar critérios de previsão de falhas. As condições de funcionamento das máquinas passaram a ser inspecionadas e monitoradas regularmente, de modo a prever o fim de sua vida útil. Surge a Manutenção Baseada na Condição ou, como é conhecida atualmente, Manutenção Preditiva (TAVARES, 1999; WYREBSKI, 1997). Para alguns autores, esta época corresponde ao berço de novas filosofias de gestão da manutenção como, por exemplo, a Manutenção Centrada em Confiabilidade (EBELING, 1997; PINTO e NASIF, 1999). É também nessa época que teve início a Manutenção Produtiva.

A partir de 1970, a manutenção passou a ser vista como uma ciência. Surge e desenvolve-se nessa época o termo Terotecnologia (do Grego *Teros*: conservar). A Terotecnologia pode ser definida como o conjunto de práticas de gestão financeira, técnica e logística, dentre outras, aplicadas a itens físicos, com o objetivo de reduzir os custos de seus ciclos de vida. Nessa mesma época, a manutenção passa a ser vista como produtiva, e filosofias orientais começam a ser incorporadas nas indústrias, como é caso da Manutenção Produtiva Total, conhecida pela sigla inglesa TPM – *Total Productive Maintenance* (NAKAJIMA, 1989).

Durante os anos 80, surgem os primeiros microcomputadores e o processamento de informações associadas à manutenção passa a ser efetuado pelo próprio órgão de manutenção, e as informações passam a ser armazenadas em banco de dados.

Nos anos 90, com a disseminação dos microcomputadores, iniciou-se o desenvolvimento de Sistemas Computadorizados de Gerenciamento da Manutenção. O uso do computador para planejar a manutenção preventiva através da geração de ordens de serviço, controle de inventário, informações históricas, suporte logístico, etc., passou a ser uma atividade comum em um grande número de empresas e indústrias do mundo. Nos últimos anos, os Sistemas Computadorizados de Gerenciamento da Manutenção passam a integrar os sistemas de manutenção preditiva.

Nos últimos 20 anos, a necessidade pelo aprimoramento contínuo da qualidade dos produtos e serviços frente à crescente onda de globalização, fez com que a atividade de manutenção passasse a ser abordada como estratégica. As metodologias e filosofias desenvolvidas nas décadas de 60 e 70 passaram a ser incorporadas nos processos estratégicos decisórios. Além disso, a preocupação crescente com a integridade ambiental fez com que os gestores tratassem a manutenção com uma visão diferenciada. Mudanças de paradigma fazem com que a manutenção passe a preservar a função dos itens físicos, ao invés do próprio equipamento.

A Figura 2.1 ilustra a evolução temporal das técnicas de manutenção nas indústrias (LAFRAIA, 2001).

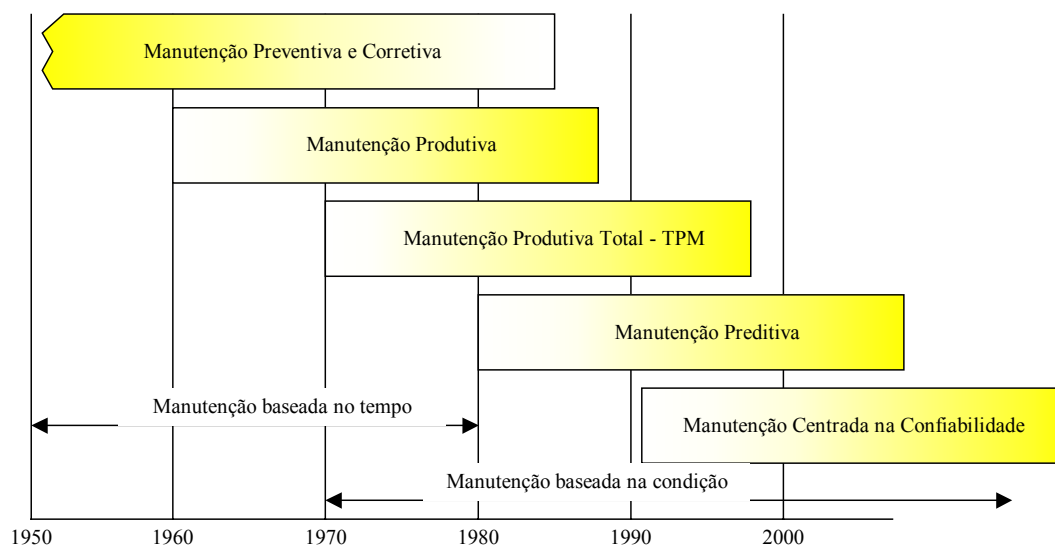



Figura 2.1 – Síntese da aplicação das metodologias de manutenção
Fonte: LAFRAIA (2001, p. 238).

2.2 EVOLUÇÃO DO GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO

O Gerenciamento da Manutenção foi uma das áreas administrativas que mais evoluiu nos últimos vinte anos, devido, principalmente, ao aumento da grande diversidade e complexidade dos itens físicos, bem como dos novos enfoques e responsabilidades da manutenção (MOUBRAY, 2000).

A análise do histórico dos últimos 70 anos permite observar que o enfoque dado para a manutenção comporta uma divisão em três gerações, conforme ilustrado na Figura 2.2 (MOUBRAY, 2000; PINTO e NASIF, 1999; LAFRAIA, 2001).

A primeira geração foi caracterizada pelo gerenciamento de ações estritamente corretivas. Nessa geração os equipamentos eram superdimensionados em termos de capacidade, o que permitia a adoção de ações simplesmente corretivas. O aumento da complexidade e evolução das máquinas, bem como da escassez de mão de obra devido ao período de guerra, levaram a uma mudança nas ações de gestão da manutenção. Moubray (2000) define esse período como segunda geração.

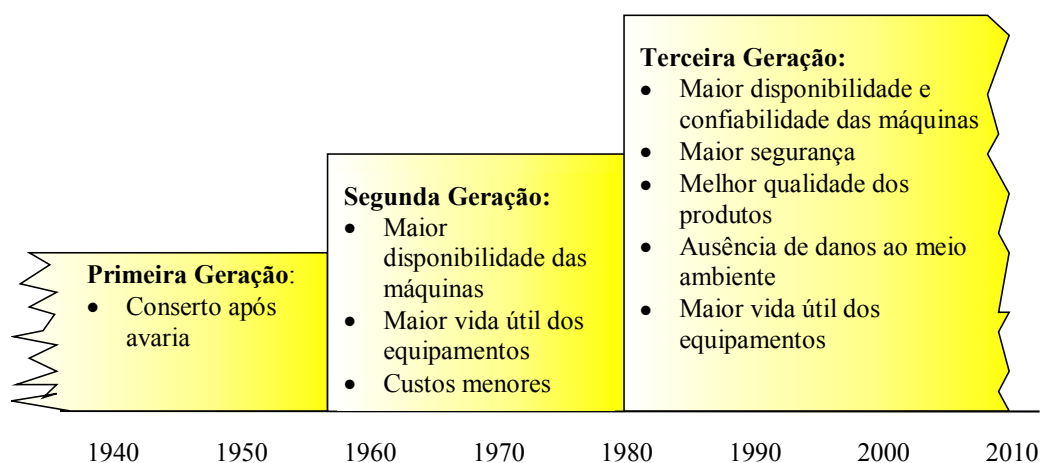



Figura 2.2 – Evolução da Manutenção
Fonte: MOUBRAY (2000, p. 3)

Moubray (2000) salienta que os fatores que motivaram o surgimento de uma terceira geração são: (*i*) novas expectativas quanto aos itens físicos com à confiabilidade, disponibilidade, integridade ambiental, segurança humana e ao aumento dos custos totais de manutenção; (*ii*) novas pesquisas que evidenciaram a existência de seis padrões de falhas de equipamentos; e (*iii*) surgimento de novas ferramentas e técnicas de manutenção, tais como o monitoramento de condições dos equipamentos, projeto de equipamentos com ênfase na manutenção e ênfase no trabalho em equipe.

2.3 DEFINIÇÕES DE MANUTENÇÃO

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, na norma NBR 5462 (1994) define o termo manutenção como a combinação de todas as ações técnicas e administrativas,

incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida. *Item* é qualquer parte, componente, dispositivo, subsistema, unidade funcional, equipamento ou sistema que possa ser considerado individualmente. Alguns autores como, por exemplo, Moubray (2000), preferem substituir a palavra *item* por *ativo*. No presente trabalho, utiliza-se o termo item físico para caracterizar a parte, o componente, o equipamento ou o sistema físico.

Conforme Xenos (1998), *manter* significa fazer tudo que for preciso para assegurar que um equipamento continue a desempenhar as funções para as quais foi projetado, no nível de desempenho exigido.

Para Mirshawka e Olmedo (1993) e Tavares (1999), manutenção é o conjunto de ações e recursos aplicados aos ativos para mantê-los nas condições de desempenho de fábrica e de projeto, visando garantir a consecução de suas funções dentro dos parâmetros de disponibilidade, de qualidade, de prazos, de custos e de vida útil adequados. Outros autores, como Pinto e Nasif (1999), salientam que a função da manutenção também é preservar o meio ambiente ou, como afirma Moubray (2000), garantir a segurança humana.

Como se pode verificar, a definição de manutenção envolve diversos aspectos. Observe-se a importância que os autores mencionados acima, e outros que tratam sobre o assunto, dão à manutenção. Eles associam a manutenção a aspectos como disponibilidade, confiabilidade, função do sistema, desempenho mínimo, administração e supervisão da manutenção. Assim, pode-se defini-la como uma atividade gestora e executora, que visa garantir a disponibilidade e a confiabilidade de um item físico, de modo que as funções do sistema sejam mantidas num desempenho mínimo esperado, observando a segurança humana e a integridade ambiental.

2.4 MÉTODOS DE MANUTENÇÃO

Os métodos de manutenção expressam a maneira pela qual é realizada a intervenção nos equipamentos, nos sistemas ou nas instalações. Na literatura técnica, também são descritos como políticas de manutenção.

É importante frisar que há um grande número de variações na terminologia sobre os métodos de manutenção. No presente trabalho, adota-se a terminologia utilizada pela maioria dos autores no que se refere à Manutenção Centrada em Confiabilidade.

Existem diversas maneiras de classificar os métodos de manutenção. Conforme Lima (2000), uma das maneiras mais usuais é enfocando a manutenção planejada e a não-planejada.

A manutenção não-planejada consiste na correção da falha, após a sua ocorrência. Nesse tipo de política de manutenção, a perda inesperada do desempenho do equipamento pode acarretar perdas de produção, perdas da qualidade do produto e elevados custos indiretos da manutenção. Geralmente, a manutenção não-planejada é estritamente corretiva. A manutenção planejada pode ser entendida como aquela cujo conjunto de ações leva a uma diminuição ou eliminação da perda de produção, minimização do custo e tempo de reparo.

Para Patton (1995), a manutenção planejada pode ser dividida em: (*i*) Manutenção Corretiva; (*ii*) Manutenção Preventiva; e (*iii*) Manutenção Por Melhorias. A Figura 2.3 ilustra, além dessa classificação, a subdivisão da Manutenção Preventiva em: (*i*) Manutenção de Rotina; (*ii*) Manutenção Periódica e (*iii*) Manutenção Preditiva.

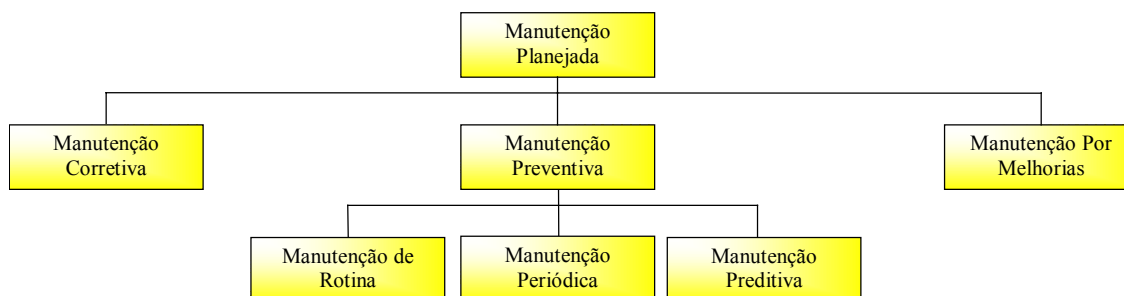



Figura 2.3 – Métodos de Manutenção Planejada

Nas seções seguintes deste capítulo, serão definidos cada um dos métodos de manutenção planejada, ilustrados na Figura 2.3.

2.4.1 Manutenção Corretiva

Conforme Fitch (1992), a manutenção corretiva é uma prática reativa de manutenção, cujo objetivo é manter a condição de integridade operacional e a viabilidade do sistema, após a ocorrência da falha. De acordo com a NBR-5462 (1994), o termo manutenção corretiva pode ser definido como a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida. Aqui, *pane* pode ser definida como a incapacidade de um item em desempenhar uma função requerida, excluindo a incapacidade durante ações planejadas como, por exemplo, durante a manutenção preventiva.

Conforme as definições acima, a manutenção corretiva em máquinas e equipamentos só é efetuada após a falha de uma peça ou componente do sistema. Porém, para Pinto e Nasif (1999), a manutenção corretiva corresponde também àquela efetuada quando um defeito ou desempenho diferente do esperado ocorrer em um equipamento.

Segundo Viana (apud WYREBSKI, 1997), manutenção corretiva é a atividade que existe para corrigir falhas decorrentes dos desgastes ou deteriorações de máquinas e equipamentos. São consertos das partes que sofreram a falha, podendo ser reparos, alinhamentos, balanceamentos, substituição de peças ou substituição do próprio equipamento.

Para Fitch (1992), o uso do método de manutenção corretiva apresenta alguns aspectos negativos, dentre os quais: (*i*) a falha ocorre aleatoriamente e geralmente no período mais inoportuno; e (*ii*) a falha inesperada de um componente pode causar perigo para outros componentes, acarretando custos adicionais. Porém, apesar desses inconvenientes, Bloch e Geitner (1997) afirma que a manutenção corretiva será sempre necessária. Há modos de falha que não respondem adequadamente a serviços periódicos e nem podem ser detectados por inspeções ou monitoramentos.

2.4.2 Manutenção Preventiva

Conforme a NBR-5462 (1994), o termo manutenção preventiva pode ser definido como a manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item. A manutenção preventiva corresponde à ação tomada para manter um item físico em condições operantes por meio de inspeções, detecção, prevenção de falhas, reformas e troca de peças (WIREMAN, 1992; MONCHY, 1989; XENOS, 1998). A manutenção preventiva está em um nível superior se comparada à manutenção corretiva, pois a máquina (ou equipamento ou o sistema) encontra-se em estado operacional, mas seu desempenho está reduzido, a ponto de entrar em estado de falha (FITCH, 1992).

As definições citadas por Wireman (1992), Monchy (1989), Xenos (1998) e Fitch (1992) contemplam três objetivos da Manutenção Preventiva: (*i*) prevenir a deterioração e falha do item físico; (*ii*) detectar falhas potenciais; e (*iii*) descobrir falhas ocultas em condições de espera antes que ocorra a necessidade de entrar em operação.

Conforme Wyrebski (1997), a manutenção preventiva apresenta as seguintes vantagens: (*i*) assegura a continuidade do funcionamento das máquinas, só parando para consertos em horas programadas; e (*ii*) a empresa terá maior facilidade para cumprir seus programas de produção. As desvantagens são: (*i*) requer um programa bem estruturado; (*ii*) requer uma equipe de mecânicos eficazes e treinados; (*iii*) requer um plano de manutenção; e (*iv*) peças são trocadas antes de atingirem seus limites de vida.

O objetivo final da manutenção preventiva é obter a utilização máxima do equipamento nas tarefas de produção, com a correspondente redução do tempo de máquina parada e custos da manutenção. Por isso, várias são as medidas a serem tomadas: (*i*) determinar padrões que permitam avaliar a eficiência da manutenção; (*ii*) planejar e configurar tabelas com antecedência; (*iii*) melhorar a produtividade de cada operário, diminuindo os atrasos evitáveis e inevitáveis; (*iv*) assegurar-se de que tanto o equipamento quanto a mão-de-obra de manutenção estão disponíveis simultaneamente para realização das inspeções preventivas; e (*v*) assegurar-se de que o departamento de manutenção está cooperando para a realização correta, e nos horários previstos, das inspeções preventivas. Conforme Antoniolli (1999), a adoção dessas medidas deve permitir a identificação e a correção de defeitos nas máquinas e instalações, evitando assim as interrupções da linha de produção.

2.4.3 Manutenção de Rotina

A manutenção de rotina consta de serviços de inspeções e verificações das condições técnicas dos itens físicos. Mirshawka e Olmedo (1993) definem manutenção de rotina como aquela normalmente associada a intervenções leves que se efetua em intervalos de tempos pré-determinados.

A responsabilidade pela manutenção de rotina não é somente do pessoal de manutenção, mas também de todos os operadores dos itens físicos. As tarefas de manutenção de rotina normalmente são executadas no dia-a-dia para evitar a degradação dos itens físicos. A manutenção de rotina também é tratada por muitos autores como manutenção autônoma (LIMA, 2000; XENOS, 1998)

2.4.4 Manutenção Preditiva

Manutenção preditiva é o conceito moderno de manutenção em que se acompanha o comportamento de determinados elementos do equipamento ou identifica-se um componente com desempenho diferente do esperado e, uma vez constatada a anomalia, realiza-se a manutenção. Para Pinto e Nasif (1999), a manutenção preditiva é a atuação realizada com base em modificações de parâmetro de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática. Os parâmetros ou variáveis que podem ser monitoradas em um esquema de manutenção preditiva são: a temperatura, os óleos lubrificantes, os ruídos, a pressão, os ensaios não destrutivos e as vibrações. A manutenção preditiva será tanto mais eficiente quanto mais rapidamente for detectada a variação dos parâmetros.

Segundo a NBR-5462 (1994), o termo manutenção preditiva pode ser definido como o tipo de manutenção que garante uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de medições e análise, utilizando-se de meios de supervisão ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva.

Na manutenção preditiva, o controle das condições de funcionamento das máquinas em serviço é realizado com instrumentos de medição próprios, de forma a detectar as mudanças no item, com a finalidade de predizer falhas. A finalidade da Manutenção Preditiva é fazer a manutenção somente quando e se houver necessidade. Ela permite otimizar a troca das peças ou reforma dos componentes e estender o intervalo de manutenção, pois permite prever quando a peça ou componente estão próximos do seu limite de vida.

Entende-se por controle preditivo da manutenção, a determinação do ponto ótimo para executar a manutenção preventiva em um equipamento, ou seja, o ponto a partir do qual a probabilidade de o equipamento falhar assume valores indesejáveis (TAVARES, 1996). Para Bloch e Geitner (1997), as ações da manutenção preditiva não reduzem diretamente a taxa de deterioração de um componente, mas controlam indiretamente a conseqüência de acidentes, quebras e mau funcionamento. A manutenção preditiva deve ser aplicada para modos de falha que ocorrem aleatoriamente e repentinamente.

A manutenção preditiva deve ser estabelecida com extremo cuidado, pois necessita de informações sobre o funcionamento do equipamento, as condições ambientais em que o

equipamento trabalha, o processo de envelhecimento de cada componente. (NEPOMUCENO, 1989).

2.4.5 Manutenção Periódica

Manutenção periódica pode ser definida como a manutenção efetuada em intervalos pré-determinados de tempo. Para Lima (2000), o intervalo entre intervenções é definido proporcionalmente à deterioração do item físico. O intervenção é conduzida no tempo estabelecido, independente do estado do componente. A Manutenção Periódica é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou quebra no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo.

Para Lafraia (2001), a Manutenção Periódica requer alguma forma de intervenção no item físico. Além do mais, suas ações e periodicidade são pré-determinadas e ocorrerão sem informações adicionais na data pré-estabelecida.

Cabe destacar aqui, que muitos autores não utilizam a subdivisão da Manutenção Periódica na Manutenção Preventiva. Para muitos, as definições de Manutenção Periódica são as mesmas de Manutenção Preventiva. Outros autores, como é o caso de Mirshawha e Olmedo (1993) e Lima (2000), conceituam a Manutenção Periódica de Sistemática e Programada, respectivamente.

2.4.6 Manutenção por Melhorias

A Manutenção por Melhoria, do inglês *improvement maintenance*, consiste de ações para reduzir ou eliminar totalmente a necessidade de manutenção (PATTON, 1995). Trata-se de um método que consiste em implementar melhorias para aumento da vida útil do equipamento (LIMA, 2000). No contexto de manutenção, praticar a Manutenção por Melhorias dos itens físicos significa melhorá-los gradativamente e continuamente para além de suas especificações originais, através de modificações, modernizações, reprojeto, etc. (XENOS, 1998). Outros autores, como, por exemplo, Pinto e Nasif (1999), conceituam esse tipo de manutenção como Engenharia de Manutenção.

Conforme Lima (2000), a Manutenção por Melhoria é aplicável nos seguintes casos: (*i*) quando a vida útil do equipamento é curta, com alta freqüência de falhas e alto custo de manutenção; (*ii*) quando o tempo de reparo é elevado e há possibilidade de propagação da

falha; (*iii*) quando a dispersão do tempo médio entre falhas é grande, acarretando dificuldades de avaliação e inspeção.

A meta da Manutenção por Melhorias é melhorar a operação, a confiabilidade e a capacidade do equipamento. Mirshawha e Olmedo (1993) salientam que a eliminação de falhas que venham a necessitar de manutenção deve ser uma das ações para o melhoramento da confiabilidade do sistema.

2.5 TAREFAS DE MANUTENÇÃO

As tarefas de manutenção consistem nas técnicas de gerenciamento da falha que serão tomadas com relação ao item físico. A Figura 2.4 ilustra as principais tarefas de manutenção associadas especificamente a Manutenção Centrada em Confiabilidade. As tarefas vêm agrupadas conforme sua utilização nos diferentes métodos de manutenção planejada. Cabe destacar que os termos utilizados a seguir são os utilizados pela maioria dos autores consultados.

Na literatura técnica especializada, é encontrado o termo "ação" para designar "tarefas de manutenção". Neste trabalho, usa-se o termo "tarefa de manutenção", freqüentemente utilizado por Moubray (2000), Smith (1993) e outros autores.

Nas seções seguintes deste capítulo, serão abordadas as tarefas de manutenção, ilustradas na Figura 2.4.

2.5.1 Tarefas de Manutenção Corretiva

As tarefas associadas à manutenção corretiva são decorrentes da decisão deliberada de operar até a falha. Utilizar tarefas de manutenção corretiva como principal estratégia é uma opção feita pelo programa de manutenção planejada. Smith (1993) menciona que há três razões básicas para que tal decisão seja tomada: (*i*) quando não há nenhuma tarefa de manutenção preventiva possível de ser aplicada; (*ii*) quando há uma tarefa de manutenção preventiva possível de ser aplicada, porém o custo é muito elevado, de modo que o custo para consertar a falha é muito menor e não há impacto na segurança humana e ambiental; (*iii*) o nível de prioridade da falha potencial é muito pequeno para garantir atenção com o orçamento da manutenção preventiva.

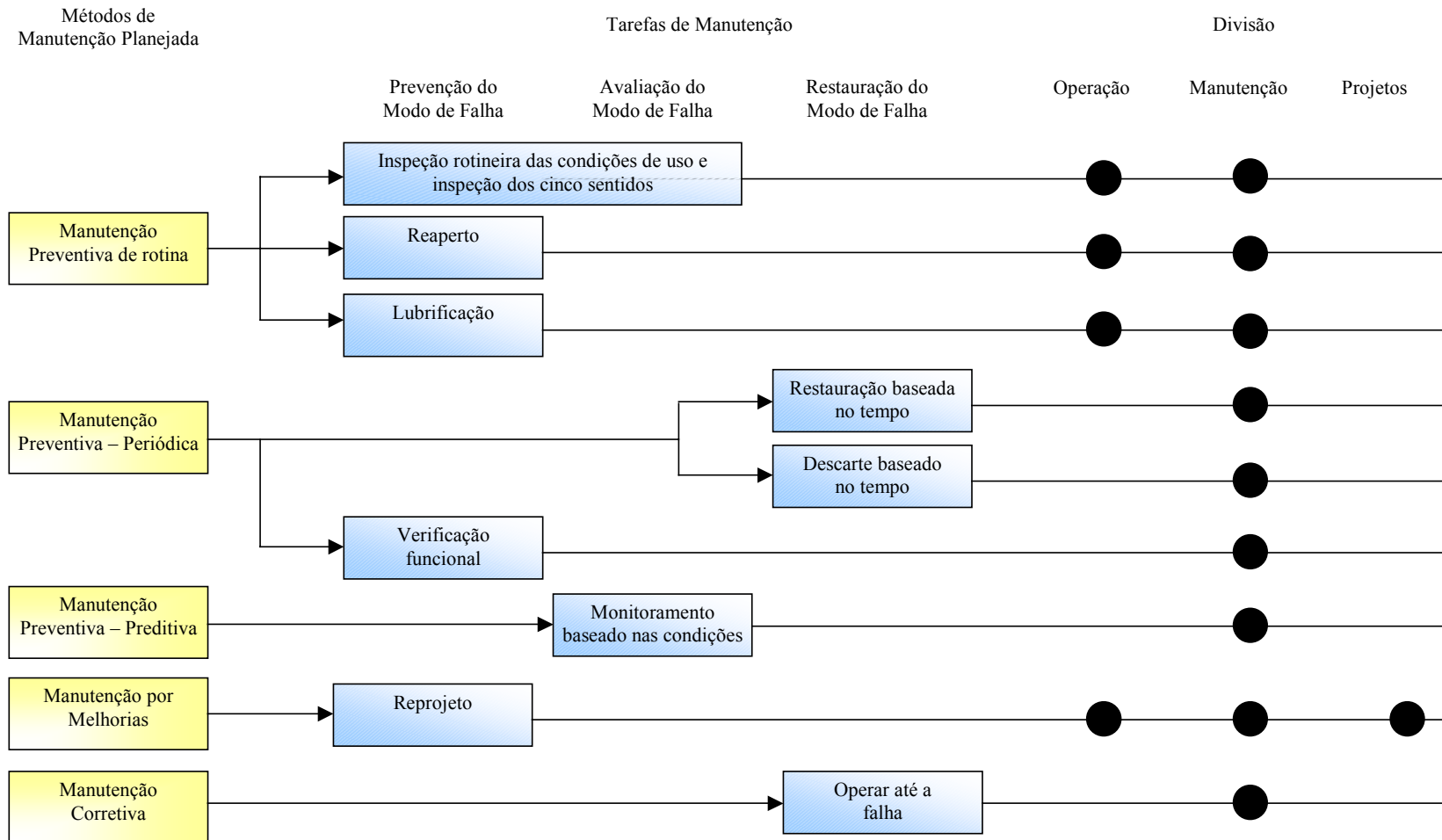



Figura 2.4 - Tarefas de manutenção
Fonte: adaptação feita a partir de LIMA, 2000

2.5.2 Tarefas de Manutenção Preventiva de Rotina

As tarefas associadas à manutenção preventiva de rotina podem ser de: (*i*) inspeção para constatação e identificação de pequenos defeitos nos elementos de máquinas; (*ii*) identificação de falhas de ajustes; (*iii*) reaperto; e (*iv*) verificação das condições e execução da lubrificação. A norma MIL-STD-2173 (1986) prevê essas tarefas como necessárias devido a questões operacionais ou de projeto do item físico.

A verificação das condições e execução da lubrificação desempenha um papel importante em vários tipos de itens físicos, pois evita desgaste excessivo por atrito entre as diversas partes móveis, além de evitar o sobreaquecimento, remover poeira e materiais estranhos e evitar vibrações e ruídos. A falta de lubrificação adequada é uma importante causa de falha.

2.5.3 Tarefas de Manutenção Preventiva – Periódicas

As técnicas de gerenciamento das falhas associadas à Manutenção Preventiva – Periódica podem ser: (*i*) Tarefas de Restauração e Descarte Baseada no Tempo; e (*ii*) Tarefa de Verificação Funcional (SMITH, 1993; MIL-STD-2173, 1986).

Uma das primeiras formas de manutenção preventiva foram as tarefas de restauração baseadas no tempo, desenvolvidas periodicamente em intervalos de tempo fixos nos quais a revisão é efetuada sem nenhuma outra consideração. Smith (1993) sugere três situações que caracterizam uma tarefa como sendo de restauração baseada no tempo: (*i*) a ação da tarefa e sua periodicidade são iniciadas quando o tempo predeterminado passa e ocorrem sem nenhuma entrada adicional; (*ii*) a ação é conhecida por prevenir diretamente as falhas ou um retardo benéfico; e (*iii*) a ação da tarefa requer alguma forma de intrusão no equipamento.

A restauração baseada no tempo implica em restaurar a capacidade inicial de um item físico ou componente existente antes ou no limite de tempo especificado, sem considerar sua condição aparente no momento (MOUBRAY, 2001). As tarefas de restauração baseadas no tempo (programadas) incluem revisões ou rotinas que são realizadas a intervalos predeterminados, de modo a prevenir modos de falhas específicos associados com a idade. As tarefas de restauração baseadas no tempo incluem atividades como alinhamentos, troca de óleos, troca de filtros, etc. (MOUBRAY, 2000; SMITH, 1993). Há, entretanto, alguns modos de falha associados com a idade que não podem ser restaurados à condição inicial, a menos

que o componente afetado seja descartado e substituído por um novo. Dessa forma, pode-se conceituar as tarefas de descarte baseadas no tempo, como aquelas que implicam em descartar um item físico ou componente no, ou antes do, limite especificado de idade, sem considerar a sua condição momentânea. A restauração baseada no tempo e descarte baseado no tempo podem ser freqüentemente aplicados para uma mesma tarefa; o termo apropriado é função do nível no qual a análise está sendo efetuada.

A tarefa de verificação funcional é a atuação efetuada em sistemas de proteção buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção (PINTO e NASIF, 1998). Desse modo, tarefas executadas para verificar se um sistema de proteção ainda está funcionando representam a Manutenção Detectiva. Moubray (2000) define essas ações como tarefas de busca de falha. As tarefas de verificação funcional aplicam-se somente em falhas ocultas que afetam os dispositivos de proteção.

2.5.4 Tarefas de Manutenção Preventiva – Preditiva

As tarefas destinadas a detectar falhas potenciais são conhecidas como tarefas de monitoramento baseadas na condição. As tarefas de monitoramento baseadas na condição são assim chamadas, pois a necessidade de ação corretiva ou ação de evitar a conseqüência está baseada na estimativa da condição do item físico. Nakajima (1989) salienta que a manutenção do futuro será baseada nas tarefas de monitoramento baseadas na condição.

Conforme Smith (1993), os itens básicos para classificar as tarefas de monitoramento baseadas na condição são: (*i*) pode-se identificar um parâmetro mensurável que correlaciona-se com o início da falha; (*ii*) pode-se identificar o valor do parâmetro em que a ação de manutenção preventiva deve ser tomada, antes que a falha ocorra completamente; (*iii*) as ações das tarefas de monitoramento baseado na condição não são intrusivas com relação ao item físico.

Moubray (2000) menciona que as tarefas de monitoramento baseado nas condições são vantajosas nas seguintes condições: (*i*) em se tratando de falhas com conseqüências ambientais ou de segurança, se forem confiáveis a ponto de fornecerem alerta suficiente para que alguma ação possa ser tomada a tempo para evitar as conseqüências; (*ii*) se a falha não envolve segurança e a tarefa deve ser economicamente viável; (*iii*) se a falha for oculta, a tarefa deve reduzir o risco da falha a um nível aceitável.

As tarefas de manutenção baseadas na condição podem ser divididas nas seguintes técnicas (MOUBRAY, 2000): (*i*) técnicas de monitoramento das condições que envolvem uso de equipamento especializado; (*ii*) técnicas baseadas na variação da qualidade do produto; (*iii*) técnicas de monitoramento dos efeitos primários as quais exigem o uso de medidores existentes e equipamentos de monitoramento do processo; (*iv*) inspeções técnicas baseadas nos sentidos humanos. Moubray (2000) salienta que as quatro técnicas de monitoramento das condições em geral são aplicadas em, aproximadamente, 20 a 30% dos modos de falha.

As tarefas de monitoramento baseadas na condição são tecnicamente viáveis se: (*i*) é possível identificar uma condição de falha potencial clara; (*ii*) o intervalo entre o ponto de falha potencial e o ponto de falha funcional (intervalo P-F) é consistente; (*iii*) é prático monitorar o item a intervalos menores que o intervalo P-F; (*iv*) o intervalo P-F é suficientemente longo para que alguma ação que reduza ou elimine as conseqüências da falha funcional sejam tomadas.

2.5.5 Tarefa de Reprojeto

O termo “reprojeto” refere-se a alguma mudança na especificação de qualquer parte ou componente do item físico. A tarefa de reprojeto significa qualquer ação que resulte na mudança do projeto ou numa alteração da lista de peças do item físico. Inclui mudança na especificação de um componente, acréscimo de um novo componente, substituição de uma máquina completa por outra marca ou tipo, bem como a relocação de máquinas. (MOUBRAY, 2001).

Quando a falha apresenta conseqüências para a segurança humana e ambiental, o reprojeto é realizado com um dos dois objetivos: (*i*) reduzir a probabilidade do modo de falha ocorrer a um nível tolerável, por meio da troca de um componente por outro mais resistente e confiável; (*ii*) trocar o item ou processo de tal modo que a falha não apresente mais conseqüências ambientais ou de segurança humana. Em se tratando de falhas ocultas, o risco de múltiplas falhas pode ser reduzido, modificando o equipamento de modo a: (*i*) tornar evidente a função oculta pelo acréscimo de outro dispositivo; (*ii*) substituir uma função evidente por uma oculta; (*iii*) substituir um dispositivo mais confiável por uma função oculta existente; e (*iv*) duplicar a função oculta.

Muitas vezes, quando a falha apresenta conseqüências operacionais e não operacionais e nenhuma tarefa preventiva tecnicamente viável puder ser identificada, o equipamento poderá ser modificado para reduzir os custos totais de modo a (MOUBRAY, 2000): (*i*) reduzir o número de ocorrências da falha ou eliminá-la totalmente se possível, tornando o componente mais resistente ou confiável; (*ii*) reduzir ou eliminar as conseqüências da falha através da instalação de um sistema *stand-by*; e (*iii*) tornar a tarefa preventiva economicamente viável, tornando o componente mais acessível.

2.6 MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE

A Manutenção Centrada em Confiabilidade - MCC teve suas origens no desenvolvimento das disciplinas de engenharia da confiabilidade durante os anos 50. As ferramentas analíticas fundamentais foram criadas para estimar a confiabilidade de componentes, sistemas mecânicos e, principalmente elétricos.

A análise das políticas de manutenção na indústria aérea americana de 1960 até 1970 conduziu ao desenvolvimento dos conceitos associados ao MCC (NASA, 2000). A partir dos anos 70, várias indústrias iniciam a utilização da MCC para determinar as melhores políticas para gerenciar as funções dos itens físicos e para gerenciar as conseqüências de suas falhas (NETHERTON, 2001). Nos últimos 20 anos, a MCC disseminou-se no setor industrial. Os custos da manutenção começam a se elevar muito em comparação com os custos operacionais e a atividade de manutenção passou a ser vista com planejamento e controle, visando aumentar a vida útil dos itens físicos. A partir daí, a MCC passou a ser empregada para garantir a confiabilidade dos itens físicos e também como uma metodologia essencial no planejamento da manutenção preventiva.

Durante os últimos anos, interpretações e variações da lógica de decisão da Manutenção Centrada em Confiabilidade foram propostas na literatura. Porém, segundo Moubray (2000), as variações mais utilizadas são: (*i*) a versão original de Nowlan e Heap (1978); (*ii*) a versão oficial do MSG-3 usada pelas companhias aéreas civis; (*iii*) a versão militar US MIL-STD-2173 usada pelo Comando dos Sistemas Navais dos Estados Unidos; (*iv*) a versão RCM 2, com uma abordagem diferente da de Nowlan e Heap (1978) com relação a segurança ambiental, elaborada por Moubray e seus associados.

2.6.1 Objetivos da Manutenção Centrada em Confiabilidade

Confiabilidade é definida como a probabilidade que um equipamento irá desempenhar satisfatoriamente a sua função, durante um intervalo de tempo especificado e sob certas condições pré-determinadas (PATON, 1994; XENOS, 1998).

Uma das funções principais da manutenção é aumentar a confiabilidade do item físico no qual é aplicado. Conforme Lafraia (2001), essa confiabilidade é quase inteiramente uma função da qualidade do programa ou plano de manutenção. A MCC é uma metodologia sistemática, usada para otimizar as estratégias de manutenção planejada, ou seja, a manutenção corretiva, preventiva e por melhorias. Para Wireman (1998), a MCC representa uma evolução da manutenção tradicional, que tem como principal objetivo reduzir os custos da manutenção, enfocando as funções mais importantes do sistema, evitando ou removendo tarefas de manutenção que não são estritamente necessárias. Para culminar em tal objetivo, a MCC identifica os modos de falha que afetam as funções, determina a importância de cada falha funcional a partir de seus modos de falha e seleciona as tarefas aplicáveis e efetivas na prevenção das falhas funcionais (MOUBRAY, 2001; SMITH, 1993; PINTO e NASIF, 1999).

O foco da MCC está na preservação da função do sistema, ao invés de restabelecer o item físico para uma condição ideal (BEN-DAYA, 2000). Cabe frisar que preservar a função não é o mesmo que preservar a operação de um item, como afirmam Smith (1993), Moubray (2000) e muitos outros autores. Autores como Rausand *et al.* (1998) observam por sua vez, que além do enfoque tradicional, a MCC pode estender a sua análise para cobrir tópicos e problemas de suporte logístico e até mesmo para a gestão de peças sobressalentes.

Conforme Moubray (2000) os resultados esperados com a implementação da MCC são: (*i*) maior segurança humana e proteção ambiental; (*ii*) melhoria do desempenho operacional em termos de quantidade, qualidade do produto e serviço ao cliente; (*iii*) maior efetividade do custo da manutenção; (*iv*) aumento da vida útil dos itens físicos mais dispendiosos; (*v*) criação de um banco de dados completo sobre a manutenção; (*vi*) maior motivação do pessoal envolvido com a manutenção; e (*vii*) melhoria do trabalho em equipe.

2.7 DEFINIÇÕES

O processo da Manutenção Centrada em Confiabilidade e a utilização das ferramentas de apoio exigem, inicialmente, um perfeito entendimento de uma série de definições associadas a

falhas e desempenhos dos itens físicos. A seguir, são apresentadas as definições e informações fundamentais para o desenvolvimento da MCC.

2.7.1 Funções

Função pode ser definida como qualquer propósito pretendido para um processo ou produto. É aquilo que o usuário quer que o item físico ou sistema faça (SAE JA1011, 1999). Para Moubray (2000), a definição de uma função deve consistir de um verbo, um objeto e o padrão de desempenho desejado.

As funções podem ser divididas em funções principais e funções secundárias, iniciando sempre o processo de MCC pelas funções principais. A função principal de um item físico está associada, principalmente, à razão pela qual o ativo foi adquirido. Conforme Moubray (2000) os itens físicos são geralmente adquiridos para uma, possivelmente, duas e não mais do que três funções principais. O principal objetivo da manutenção é assegurar o desempenho mínimo das funções principais. Na maioria das vezes, os itens físicos realizam outras funções além das funções principais. Essas funções são chamadas de secundárias e podem ser divididas nas seguintes categorias (MOUBRAY, 2000): (*i*) integridade ambiental; (*ii*) segurança/integridade estrutural; (*iii*) controle, contenção e conforto; (*iv*) aparência; (*v*) economia e eficiência; e (*vi*) supérfluas. Embora geralmente menos importantes que as funções principais, as funções secundárias devem ser muito bem analisadas pois podem trazer graves conseqüências em situações específicas.

2.7.2 Padrões de Desempenho

Os equipamentos são projetados e desenvolvidos para assegurar um padrão mínimo de desempenho. Porém, em virtude do trabalho executado pelas máquinas, seus componentes acabam deteriorando-se. Dessa forma, qualquer máquina ou componente que for colocado em operação deverá ser capaz de produzir mais do que o padrão mínimo de desempenho desejado pelo usuário. Esse limite de produção do equipamento é conhecido como capacidade inicial ou confiabilidade inerente do equipamento.

Para um item físico passível de manutenção, o desempenho desejado deve situar-se na zona compreendida entre o padrão mínimo de desempenho e a capacidade inicial. A manutenção deve manter o desempenho sempre acima do padrão de desempenho mínimo

desejado pelo usuário. A determinação da capacidade inicial, bem como do desempenho mínimo que o usuário está preparado para aceitar no contexto do item físico que está sendo utilizado, é de relevante importância quando se deseja desenvolver um programa de Manutenção Centrada em Confiabilidade.

2.7.3 Contexto Operacional

O contexto operacional está associado às condições (funções) nas quais o ativo físico irá operar. O contexto operacional se insere inteiramente no processo de formulação estratégica da manutenção. As funções principais e secundárias, além da natureza dos modos de falha, de seus efeitos e conseqüências são afetadas pelo contexto de operação. A perfeita compreensão do contexto operacional requer que os seguintes fatores sejam considerados: (*i*) processos em lote e em fluxo; (*ii*) redundância; (*iii*) padrões de qualidade; (*iv*) padrões ambientais; (*v*) padrões de segurança; (*vi*) turnos de trabalho; (*vii*) trabalho em processo; (*viii*) tempo de reparo; (*ix*) peças de reposição; (*x*) demanda de mercado; (*xi*) suprimento de matéria-prima.

2.7.4 Falhas Funcionais

Falha pode ser definida como a incapacidade do item físico de fazer o que o usuário quer que ele faça. Essa definição é vaga, pois não distingue claramente entre o estado de falha (falha funcional) e os eventos (modos de falha) que causam o estado de falha. Para Moubray (2000), é preferível definir falhas em termos de perda da função específica, ao invés do item como um todo. Para descrever estados de falha ao invés de falha, é necessário um melhor entendimento dos padrões de desempenho. Aplicando os padrões de desempenho às funções individuais, a falha enfocada, em termos de falha funcional, é definida como a incapacidade de qualquer item físico cumprir uma função para um padrão de desempenho aceitável pelo usuário.

2.7.5 Falhas Potenciais

Falha potencial é uma condição identificável que indica se a falha funcional está para ocorrer ou em processo de ocorrência (MOUBRAY, 2000). Para Xenos (1998), o conceito de falha potencial leva em consideração o fato de que muitas falhas não acontecem repentinamente, mas se desenvolvem ao longo do tempo. A falha potencial representa o ponto onde o item físico começa a apresentar perda do desempenho da função. Segundo Lima

(2000), a falha potencial pode ser definida como a perda parcial da função, estipulada com base em um padrão de desempenho estabelecido.

A Figura 2.5 permite identificar a relação entre falha potencial e falha funcional. Na figura, pode-se identificar três períodos de tempo distintos na ocorrência de uma falha: (*i*) um período de tempo entre uma condição normal de operação até o início da falha; (*ii*) um segundo período de tempo entre o início da falha até o aparecimento de um sinal da falha; (*iii*) um terceiro período de tempo que se estende desde o aparecimento do sinal da falha até a sua ocorrência. Moubray (2000) define que o ponto P no processo de falha, onde é possível detectar se a falha está ocorrendo ou esta para ocorrer, é chamado de falha potencial. O ponto F representa o ponto de falha funcional. Assim, o intervalo P-F corresponde ao intervalo entre o ponto onde a falha torna-se detectável até a sua ocorrência.

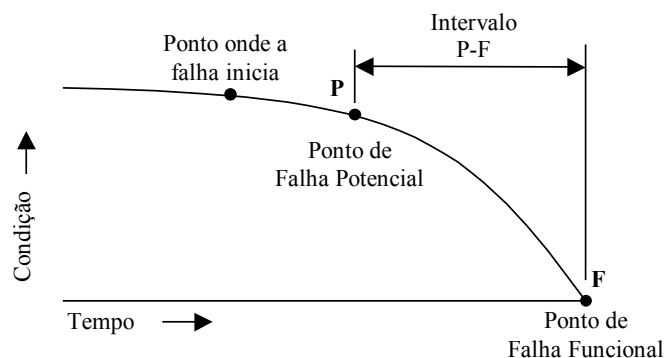



Figura 2.5 - Intervalo P-F
Fonte: Moubray (2000, p. 144).

2.7.6 Modo de Falha

Um Modo de Falha é definido como qualquer evento que possa levar um ativo (sistema ou processo) a falhar (SAE JA1011, 1999). O Modo de Falha está associado as prováveis causas de cada falha funcional. Segundo Helman (1995), modos de falha são eventos que levam, associados a eles, uma diminuição parcial ou total da função do produto e de suas metas de desempenho.

A descrição de um modo de falha deve consistir de um substantivo e um verbo. Deve-se observar, no entanto, que a escolha do verbo a ser usado deve ser realizada com cuidado, pois influencia fortemente o gerenciamento das falhas.

A identificação dos modos de falha de um item físico é um dos passos mais importantes no desenvolvimento de qualquer programa que pretenda assegurar que o ativo continue a

executar suas funções previstas. Quando em um sistema ou processo cada modo de falha foi identificado, torna-se possível verificar suas conseqüências e planejar ações para corrigir ou prevenir a falha. Na prática, dependendo da complexidade do item físico, do contexto operacional e do nível em que está sendo feita a análise, normalmente são listados de um a trinta modos de falha como causas da falha funcional (MOUBRAY, 2000). Alguns dos modos de falha típicos que podem gerar a falha funcional são: fratura, separação, deformação, desgaste, corrosão, abrasão, desbalanceamento, rugosidade, desalinhado, trincamento, mal montado, encurtamento, etc. (BLOCH e GEITNER, 1997; HELMAN, 1995). Nepomuceno (1989) comenta ainda que para que uma certa falha conduza a um modo de falha em particular deve existir algum mecanismo de falha, que pode ser um processo metalúrgico, químico, térmico ou tribológico.

Os modos de falha podem ser classificados em um dos três grupos a seguir: (*i*) quando a capacidade reduz-se abaixo do desempenho desejado; (*ii*) quando o desempenho desejado fica acima da capacidade inicial; e (*iii*) quando o item físico não é capaz de realizar o que é desejado.

Existem duas abordagens para levantar os modos de falha (MIL-STD-1629A, 1980): (*i*) abordagem funcional; (*ii*) abordagem estrutural. Conforme Sakurada (2001), a abordagem funcional é genérica, não necessita de especificações ou de engenharia. Pode ser tratada como uma não-função. O Quadro 2.1 apresenta os modos de falha para um eixo, adotando a abordagem funcional e estrutural. A abordagem estrutural necessita de informações de engenharia, as quais, muitas vezes, não estão facilmente disponíveis. Tanto na abordagem funcional como na abordagem estrutural, é muito importante que se tenha bem definida a função do componente, pois é a referência para se verificar quando o item está em falha ou não.

Quadro 2.1 - Modo de falha com a abordagem funcional e estrutural

Componente	Abordagem	Função	Modo de Falha
Eixo	Funcional	Transmitir movimento, torque.	Não transmite movimento, não transmite torque
Eixo	Estrutural	Transmitir movimento, torque.	Ruptura, empenamento, desgaste.

Fonte: Sakurada (2001)

2.7.7 Causa da Falha

A causa da falha representa os eventos que geram (provocam, induzem) o aparecimento do tipo modo de falha, e pode ser detalhada em diferentes níveis para diferentes situações. A causa da falha pode estar associada a (BLOCH e GEITNER, 1997): (*i*) falha de projeto; (*ii*) defeitos do material; (*iii*) deficiências durante o processamento ou fabricação dos componentes; (*iv*) defeitos de instalação e montagem; (*v*) condições de serviço não previstas ou fora de projeto; (*vi*) deficiências da manutenção; ou (*vii*) operação indevida.

2.7.8 Efeitos da Falha

Conforme Moubray (2000), os efeitos de falhas descrevem o que acontece quando um modo de falha ocorre. Para Helman (1995) os "efeitos das falhas" são entendidos como as formas, como os modos de falha afetam o desempenho do sistema, do ponto de vista do cliente.

Alguns efeitos típicos em máquinas e equipamentos em geral são: (*i*) esforço de operação excessivo; (*ii*) vazamento de ar; (*iii*) desgaste prematuro; (*iv*) consumo excessivo, etc. (HELMAN, 1995).

Deve-se ter o cuidado de não confundir efeito da falha com conseqüências da falha. O efeito da falha responde a questão "O que acontece quando o modo de falha ocorre?", enquanto a conseqüência da falha responde a questão "Quais são as conseqüências quando o modo de falha ocorre?".

A interligação entre Função, Modo de Falha, Causa Potencial e Efeitos pode ser visualizada na Figura 2.6.

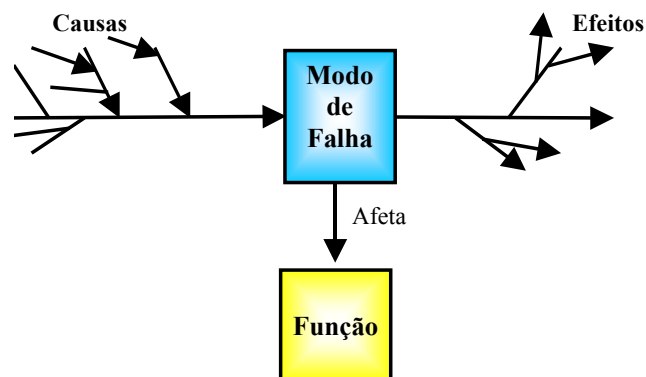



Figura 2.6 – Interligação entre Causa, Modo de falha e Efeitos

2.7.9 Conseqüências das Falhas

Cada vez que ocorrer alguma falha, a empresa que usa o item é afetada de alguma maneira. As falhas podem afetar a produção, a qualidade do serviço ou do produto, a segurança e o meio ambiente, podendo incorrer em aumento do custo operacional e do consumo de energia. A natureza e a severidade dessas conseqüências orientam a maneira como será vista a falha pela empresa.

A combinação do contexto operacional, dos padrões de desempenho e dos efeitos, indicam que cada falha tem um conjunto específico de conseqüências a ela associadas. Se tais conseqüências forem muito severas para a empresa, grandes esforços deverão ser realizados para evitar ou reduzir a falha. Porém, falhas que provocam pequenas conseqüências não requerem que medidas pró-ativas sejam tomadas. Nesses casos, é mais sensato corrigir a falha após a ocorrência (MOUBRAY, 2000).

A análise da manutenção por essa ótica sugere que as conseqüências da falha são muito mais importantes do que suas características técnicas. Dessa forma, qualquer tarefa só deve ser aplicada se tratar com sucesso as conseqüências da falha e os meios de evitá-las. A análise das conseqüências da falha requer que essas sejam divididas em falhas evidentes e ocultas.

Uma falha evidente é aquela que, quando ocorrer, torna-se aparente para o grupo de operação ou manutenção sob condições normais. Essas falhas podem provocar a parada da máquina, a perda da qualidade do produto ou ainda podem estar acompanhadas de efeitos físicos como odor incomum, ruído elevado, escape de vapor, gotejamento de água ou óleo, dentre muitos outros. As falhas evidentes são classificadas em três categorias, em ordem decrescente de importância (MOUBRAY, 2000): com conseqüência sobre a segurança humana e ambiental, com conseqüências operacionais e com conseqüências não-operacionais. A classificação é detalhada na Figura 2.9.

Falhas ocultas ocorrem sem que ninguém perceba que o item físico encontra-se em estado de falha. Elas não têm um impacto direto, porém expõem a empresa a falhas múltiplas com conseqüências que podem ser graves ou até mesmo catastróficas. Tais falhas estão geralmente associadas à operação de dispositivos de segurança e proteção, utilizados com o objetivo de evitar ou reduzir as conseqüências das falhas evidentes.

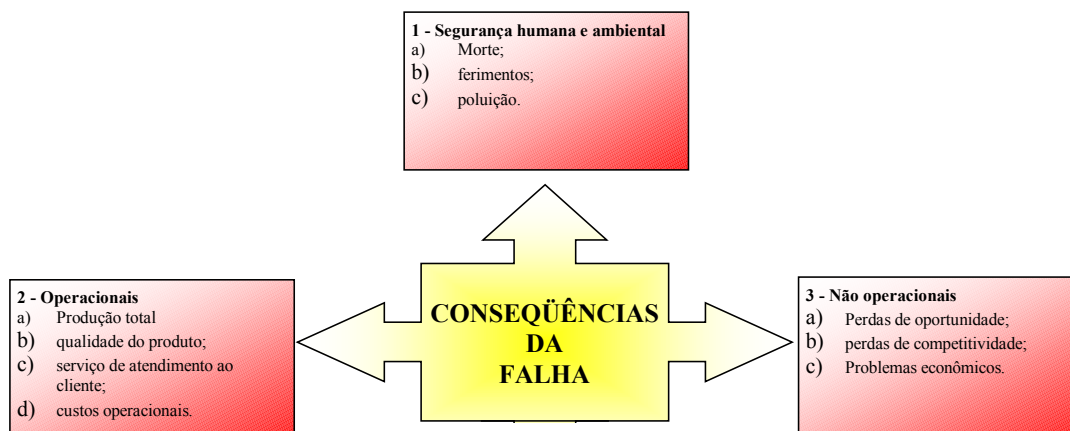



Figura 2.7 – Conseqüências das falhas

2.7.10 Principais Medidas de Confiabilidade e Mantenabilidade Aplicadas na MCC

2.7.10.1 Tempo Médio entre Falhas

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na norma NBR 5462 (1994), define Tempo Médio entre Falhas como o valor esperado do tempo entre falhas de um item, e adota a sigla originária do inglês MTBF (*Mean Time Between Failures*). A expressão matemática do MTBF é:

$$MTBF = \frac{1}{\lambda}$$

em que λ designa a taxa de falhas do item.

A NASA (2000) menciona que o MTBF é geralmente usado como um guia para estabelecer o intervalo entre tarefas de manutenção nos casos onde a taxa de falhas é constante.

2.7.10.2 Disponibilidade e Indisponibilidade

O termo disponibilidade pode ser entendido como a medida que indica a proporção do tempo total em relação ao tempo em que o equipamento está disponível ao cumprimento das funções para as quais foi destinado (NEPOMUCENO, 1989). A expressão matemática para a disponibilidade, considerando a taxa de falha e a taxa de reparo constante é:

$$A = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)}$$

em que *MTBF* designa o tempo médio entre falhas e *MTTR* o tempo médio para reparo do item físico.

Ebeling (1997) menciona que a indisponibilidade pode ser interpretada como o percentual do tempo em que o equipamento não cumpre com as funções para as quais foi destinado. A expressão matemática para a indisponibilidade é:

$$I = 1 - A$$

2.7.11 Padrões de Falha

Os padrões de falha representam a freqüência de ocorrência das falhas em relação à idade operacional de um equipamento. A Manutenção Centrado em Confiabilidade adota um modelo no qual seis padrões de falha são utilizados para caracterizar a vida dos equipamentos. Os seis padrões são ilustrados na Figura 2.8 e designados pelas letras A, B, C, D, E e F (MOUBRAY, 2000; SMITH, 1993; LAFRAIA, 2001; PINTO e NASIF, 1999; NASA, 2000).

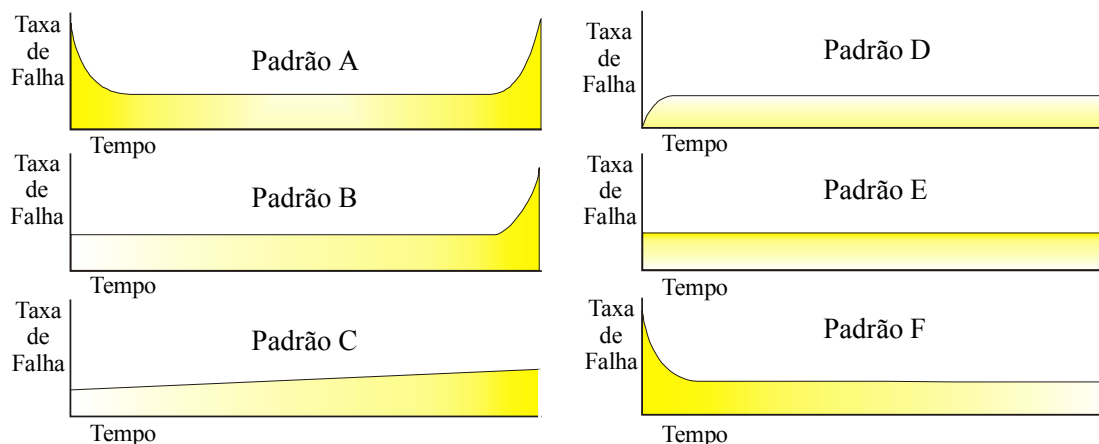



Figura 2.8 – Padrões de falha

O Padrão A é a bem conhecida curva da banheira, assim designada devido ao seu formato característico. Nesse padrão, há uma elevada ocorrência de falhas no início de operação do item físico (mortalidade infantil), seguido de uma freqüência de falhas constante e, posteriormente, de um aumento na freqüência, devido à degradação ou desgaste do

equipamento. Esse padrão descreve falhas relacionadas à montagem do equipamento, bem como com a idade dos componentes.

O Padrão B apresenta probabilidade constante de falha, seguida de uma zona de acentuado desgaste no fim da sua vida útil. Esse padrão descreve falhas relacionadas com a idade dos componentes. Componentes em equipamentos podem se comportar dessa maneira, principalmente, aqueles que deterioram naturalmente com o tempo, que estão sujeitos a esforços cíclicos e repetitivos ou que entram em contato direto com a matéria-prima ou produto final. A partir do gráfico da distribuição de freqüência de falhas (Figura 2.9(a)), observa-se que com exceção de poucas falhas prematuras, a maioria dos componentes falham em torno de um ponto médio, seguindo uma distribuição normal. Assim, conforme Lafraia (2001), para esse tipo de modo de falha o MTBF tem pouca ou nenhuma utilidade no estabelecimento do prazo para a manutenção programada. O período ideal é o da vida útil, ou seja, aquele em que a taxa de falhas (Figura 2.9 (b)) começa a aumentar rapidamente.

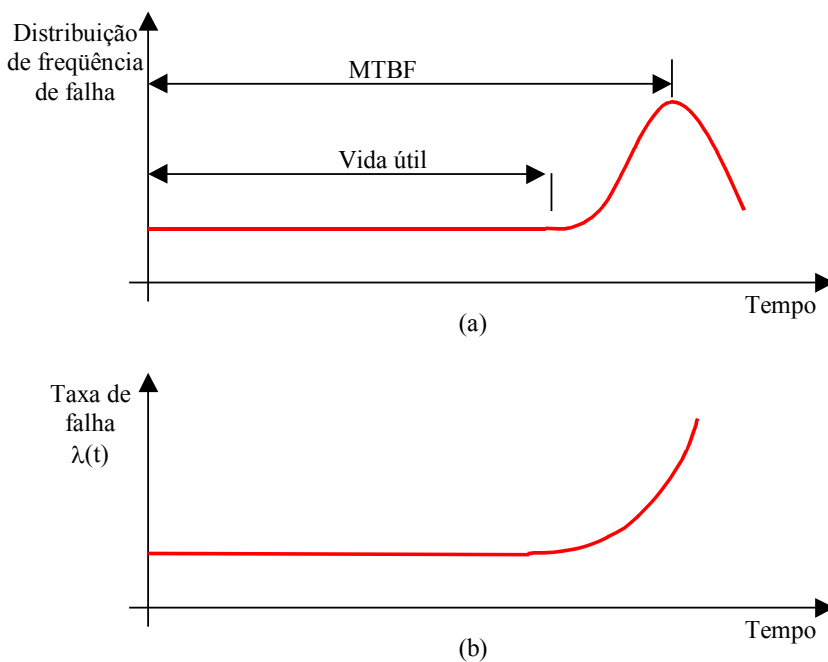



Figura 2.9 – Curva de distribuição de freqüência de falha e taxa de falha para padrão de falha B

O Padrão C apresenta um aumento lento e gradual da taxa de falha, porém sem uma zona definida de desgaste. Uma possível causa para a ocorrência de padrões de falha do tipo C é a fadiga.

O Padrão D mostra baixa taxa de falha quando o item é novo e sofre posteriormente um rápido aumento da taxa de falha para um nível constante.

O padrão E mostra uma taxa de falha constante em qualquer período. Nesse padrão, a natureza das falhas é aleatória. Lafraia (2001) menciona que o MTBF não deve ser utilizado nesse padrão como fim da vida útil, pois em nenhum período se verifica o aumento da taxa de falha.

A forma da curva do Padrão F de falhas indica que uma maior probabilidade de falhas ocorre quando o componente é novo ou imediatamente após restauração. O Padrão F inicia com uma alta mortalidade infantil, que eventualmente cai para uma taxa de falha constante. Pode apresentar também um aumento lento e gradual em vez de probabilidade constante.

Pode-se concluir, pela análise dos parágrafos anteriores, que os padrões de falha A, B e C podem estar geralmente associados à fadiga e corrosão. Os Padrões A e B são típicos de componentes ou peças de máquinas individuais e simples. Já os Padrões D, E e F são típicos de itens mais complexos (NASA, 2000). A diferença básica entre os padrões de falhas de itens simples e complexos tem importância significativa na manutenção. Peças e itens simples freqüentemente apresentam relação direta entre confiabilidade e idade, particularmente quando fatores como a fadiga e o desgaste mecânico estão presentes ou quando os itens são descartáveis. Já os itens complexos apresentam algum tipo de mortalidade infantil seguido de um aumento gradual na taxa de falha ou de uma taxa e falha estacionária

2.8 PRINCIPAIS FERRAMENTAS DE SUPORTE À MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE

2.8.1 Análise de Modos e Efeitos de Falha

A análise de Modos e Efeitos de Falhas, traduzido do inglês FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*), foi desenvolvida inicialmente nas forças armadas norte-americanas, tendo suas origens no procedimento militar MIL-P-1629 (O’CONNOR, 1991). A FMEA é reconhecido como uma das ferramentas mais empregadas na engenharia de confiabilidade, devido, principalmente, à sua praticidade e aplicação quantitativa (SMITH, 1993). Helman (1995, p. 17) define a técnica da FMEA como “um método de análise de projetos (de produtos ou processos, industriais ou administrativos) usado para identificar todos os possíveis modos

potenciais de falhas e determinar o efeito de cada um sobre o desempenho do sistema (produto ou processo), mediante um raciocínio basicamente dedutivo". Pinto e Nasif (1999) afirmam que a manutenção está mais envolvida com a FMEA de processos, pois nessa fase os equipamentos estão instalados e operando.

Hoyland e Rausand (apud Scheneider, 2001) mencionam os seguintes objetivos da FMEA: (*i*) assegurar que todos os modos de falha e seus efeitos sobre o sistema sejam considerados; (*ii*) listar potenciais falhas e a magnitude de seus efeitos; e (*iii*) prever bases para estabelecer prioridades nas ações corretivas. O desenvolvimento da FMEA é fortemente documentado, permitindo padronizar procedimentos, realizar um registro histórico de falhas, que posteriormente poderá ser utilizado em outras revisões do processo ou do produto e selecionar e priorizar projetos de melhoria (HELMAN, 1995).

A FMEA pode ser conduzido a partir de duas abordagens: *Botton-up* e *Top-down*. A abordagem *Botton-up* inicia a análise no nível do componente. A abordagem *Top-down* inicia a análise no nível do sistema, descendo até o nível do componente (HOYLAND e RAUSAND, 1994 apud SCHENEIDER, 2001). As informações referentes a cada falha funcional são analisadas e repassadas a uma planilha que assegurará uma perfeita documentação dos modos de falha associados a cada falha funcional, suas causas e seus efeitos. O Quadro 2.2 ilustra uma planilha típica da FMEA.

Quadro 2.2 - Formulário FMEA

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DE MODOS E EFEITOS DE FALHAS				
	SISTEMA	Sistema Nº	Equipe	Data	Folha Nº
	(01)				
	SUBSISTEMA	Subsistema Nº	Analista	Data	de

Equipamento	Função	Modo de Falha	Causa da Falha	Efeitos da Falha	Conseqüências da Falha	Fatores			
						S	O	D	R
(02)	(03)	(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)	(10)	(11)

De acordo com o modelo ilustrado no Quadro 2.2, é apresentado na seqüência os campos relevantes conforme relacionados com a numeração apresentada e como são utilizados.

(01) Cabeçalho: identifica o sistema e subsistema funcional bem como a equipe de análise da FMEA.

(02) Equipamento: campo destinado à identificação do código e nome do equipamento que pertence ao subsistema e provoca por sua vez, a falha funcional.

(03) Função: identifica a função do subsistema;

(04) Modo de Falha: campo destinado a identificar o código do modo de falha e descrever a forma como o equipamento em questão poderá apresentar a falha.

(05) Causa da Falha: campo destinado a identificar o código da falha e descrever a causa raiz do modo de falha.

(06) Efeitos da Falha: descreve os efeitos que o modo de falha apresenta, ou seja, de que forma a falha se manifesta.

(07) Conseqüências da Falha: campo destinado a identificar de que maneira a empresa é afetada quando ocorre o modo de falha.

(08) Severidade (S): campo destinado à indicação do índice de severidade da falha. O critério severidade quantifica a gravidade da falha potencial, analisando a conseqüência da falha e seu impacto no sistema.

(09) Ocorrência (O): campo destinado à indicação do índice de ocorrência da falha. O critério ocorrência traduz de forma qualitativa a probabilidade de falha da função pretendida. A avaliação da ocorrência da falha deve ser bastante criteriosa, pois a sub-estimativa desse parâmetro poderá acarretar em taxas de falhas não previstas.

(10) Detecção (D): campo destinado à indicação do índice de detecção da falha. O critério de detecção é o indicador da capacidade do operador ou da equipe de manutenção detectar o modo de falha potencial antes que o sistema realmente falhe. Uma detecção baixa indica que o sistema poderá parar sem dar um prévio aviso. Dependendo da severidade atribuída ao evento, poderá estar ocorrendo um grande risco de permitir

uma falha catastrófica. Logo, a definição dos índices de detecção deve ser realizada com muita ponderação, evitando superestimar o equipamento em análise.

(11) Grau de Risco (R): campo destinado à indicação do grau de risco da falha. O grau de risco é um índice que prioriza as ações a serem tomadas sobre os modos de falha. É igual ao produto da severidade pelo fator de ocorrência e de detecção. Esse índice permite uma hierarquização dos modos de falhas, que podem ser classificados em ordem decrescente de criticidade.

As escalas de avaliação de severidade, de ocorrência e de detecção dos modos de falhas sugeridas por Lafraia (2001) para a FMEA podem ser vista no Quadro 2.3, 2.4 e 2.5 respectivamente.

Quadro 2.3 - Escala sugerida para avaliação da severidade dos modos de falha

Severidade	**Severidade do Efeito**	**Índice**
Muito alta	Envolve riscos à operação segura do sistema e/ou descumprimento dos requisitos legais.	10 9
Alta	Provoca um alto grau de insatisfação do cliente. O sistema se torna inoperante. A falha não envolve riscos à segurança operacional ou descumprimento de requisitos legais.	8 7
Moderada	A falha ocasiona razoável insatisfação ao cliente. O cliente ficará desconfortável e irritado com a falha. O cliente notará razoável deterioração no desempenho do sistema.	6 5 4
Baixa	A falha causa pequenos transtornos ao cliente. O cliente notará, provavelmente, leves variações no desempenho do sistema.	3 2
Marginal	A falha não teria efeito real no sistema. O cliente, provavelmente, nem notaria a falha	1

Fonte: Lafraia, 2001 p. 112

Quadro 2.4 - Escala sugerida para avaliação da ocorrência dos modos de falha

Freqüência de Falha	**Possíveis Taxas de Falha**	**Índice**
Muito alta: falha é quase inevitável	1 em 2	10
	1 em 8	9
Alta: falhas repetidas	1 em 20	8
	1 em 40	7
Moderada: falhas ocasionais	1 em 80	6
	1 em 400	5
	1 em 1000	4
Baixa: relativamente poucas falhas	1 em 4000	3
	1 em 200000	2
Remota	$\leq$ 1 em 10^6	1

Fonte: Lafraia, 2001 p. 113

Quadro 2.5 - Índice sugerido para avaliação da detecção dos modos de falha

Detecção	**Detecção do Efeito**	**Índice**
Absolutamente indetectável	O modo de falha não será detectável com certeza.	10
Muito baixa	O modo de falha é provavelmente muito pouco detectável.	9
Baixa	Não é provável que o modo de falha seja detectável.	8 7
Moderada	Há 50 % de chance de detectar o modo de falha.	6 5
Alta	Há boa chance de detectar o modo de falha.	4 3
Muito alta	O modo de falha será, certamente, detectado durante a operação do sistema.	2 1

Fonte: Lafraia, 2001 p. 113

Normas e autores definem suas próprias metodologias para a análise e documentação das informações da FMEA. Moubray (2000) e Smith (1993) não avaliam a severidade, detectabilidade e criticidade da falha. O método de análise e documentação sugerido por Moubray (2000) prioriza as funções do sistema e suas respectivas falhas funcionais. O método de documentação definido por Smith (1993), além de priorizar as funções do sistema e suas falhas funcionais, também apresenta os equipamentos associados a cada falha funcional. Desse modo é possível associar cada modo de falha com seu respectivo equipamento. Todos os métodos encontrados na literatura incluem a descrição do modo de falha, da causa potencial da falha e do efeito da falha.

Para a condução de uma análise utilizando a FMEA de um sistema ou subsistema, algumas etapas devem ser seguidas. O processo de análise deve ser realizado por uma equipe multidisciplinar, com conhecimentos sobre o sistema a ser estudado. A partir do conhecimento e identificação do sistema a ser analisado, bem como de suas funções e falhas funcionais, o processo da FMEA resume-se nas atividades ilustradas na Figura 2.10.

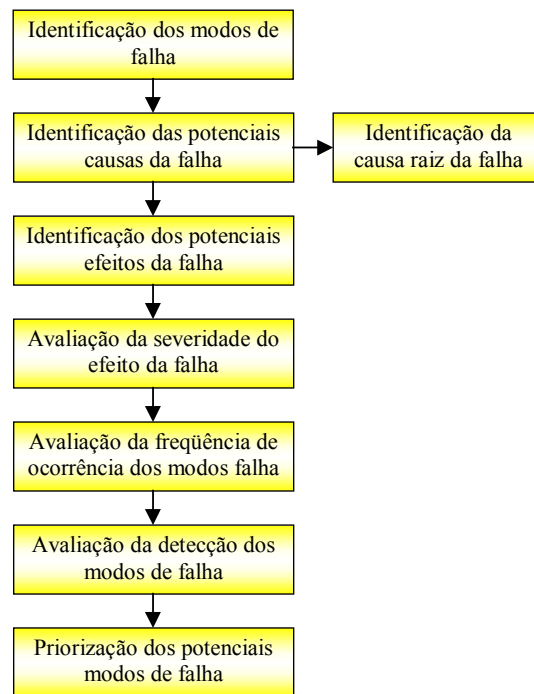



Figura 2.10 – Etapas do processo FMEA

2.8.2 Método da Análise da Árvore de Falhas

O Método da Análise da Árvore de Falhas foi desenvolvido por H. A. Watson em 1961-1962. Os primeiros artigos sobre o método foram apresentados em 1965 no Simpósio de Segurança patrocinado pela Universidade de Washington e a *Boeing Company*. Posteriormente, o método foi adaptado e utilizado em aspectos diversos, associados a projetos de máquinas e equipamentos, e até à análise de processos industriais ou administrativos (HELMAN, 1995).

O Método da Análise da Árvore de Falhas, traduzido do inglês *Faut Tree Analysis* (FTA), é uma técnica dedutiva formalizada que permite a investigação das possíveis causas da ocorrência de estados pré-identificados do sistema. Esses estados, referidos como eventos de topo, estão associado com o comportamento anormal do sistema, causados por uma falha do equipamento, ou erros humanos e/ou perturbações externas (SAKURADA, 2001).

Ebeling (1997) menciona que a Análise da Árvore de Falhas é uma técnica gráfica de análise dedutiva, estruturada em termos de eventos ao invés de componentes. É um método de análise de falhas do tipo *Top-down*, cuja análise inicia com um evento indesejável, como uma

falha ou mal função, chamado evento de topo e, então, são determinadas todas as maneiras na qual este evento de topo pode ocorrer.

Os benefícios da utilização da Análise de Árvore de Falhas, segundo Helman (1995) e Scapin (1999) são: (*i*) auxiliar na identificação dos modos de falha do sistema; (*ii*) apontar os aspectos do sistema mais relevantes em relação a uma falha de interesse; (*iii*) facilitar uma maior compreensão do comportamento do sistema; (*iv*) facilitar a elaboração do FMEA através do encadeamento lógico das falhas do sistema; (*v*) permitir definir planos de manutenção de equipamentos centrados em confiabilidade; (*vi*) permitir identificar procedimentos de manutenção com o objetivo de diminuir a probabilidade de quebra; (*vii*) permitir que o analista concentre-se em uma falha do sistema por vez; e (*viii*) possibilitar análises qualitativas e quantitativas.

As finalidades da elaboração de uma Árvore de Falhas, segundo Helman (1995) são: (*i*) estabelecer um método padronizado de análise de falhas ou problemas, verificando como ocorrem em um equipamento; (*ii*) analisar a confiabilidade de um produto ou processo; (*iii*) compreender os modos de falha de um sistema, de maneira dedutiva; (*iv*) priorizar ações corretivas a serem tomadas; (*v*) analisar e projetar sistemas de segurança ou alternativos em equipamentos; (*vi*) compilar informações para manutenção de sistemas e elaboração de procedimentos de manutenção; (*vii*) indicar claramente os componentes mais críticos ou condições críticas de operação; (*viii*) compilar informações para treinamento de operadores de equipamentos; (*ix*) compilar informações para planejamento de testes e inspeções; e (*x*) simplificar e otimizar equipamentos.

2.8.2.1 Elementos Utilizados na Construção de Árvore de Falhas

Com o objetivo de visualizar as relações casuais entre os vários níveis hierárquicos a partir da falha de topo, são utilizados dois grupos de símbolos (SCAPIN, 1999): Portas Lógicas e eventos.

A Árvore de Falhas apresentada na Figura 2.11 ilustra o que é um nível hierárquico, uma porta lógica e um evento. Essa árvore apresenta dois níveis hierárquicos e os eventos relacionados diretamente com o evento topo (falha de topo) representam o primeiro nível hierárquico. Os eventos relacionados aos eventos abaixo do primeiro nível hierárquico representam os eventos do segundo nível hierárquico. O desdobramento dos níveis

hierárquicos é realizado, empregando-se as portas lógicas “e” e “ou” que representam as relações causais entre os eventos de entrada e saída.

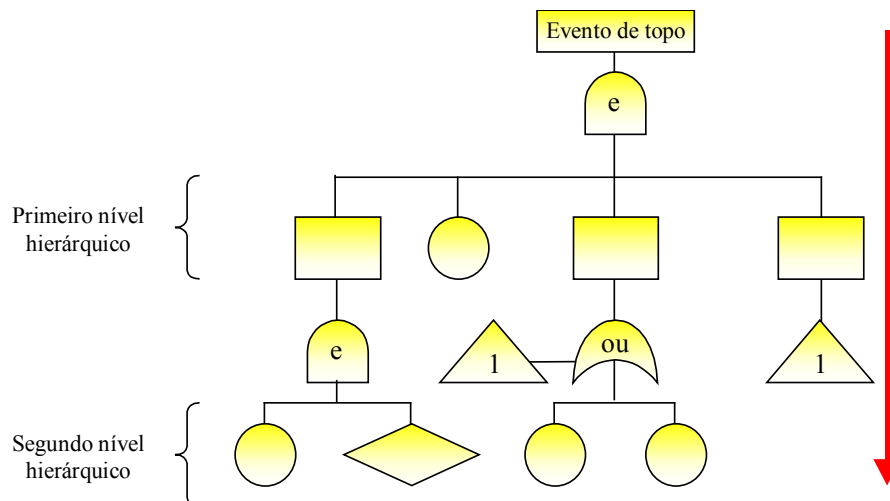
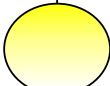
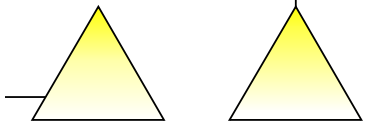



Figura 2.11 – Representação dos níveis hierárquicos em uma árvore de falhas

O Quadro 2.6 apresenta as portas lógicas “E” e “OU” e suas relações causais.

Quadro 2.6 – Portas Lógicas “E” e “OU”

Símbolo	Nome	Relação causal
A B_1 B_2 ...B_n	E	O evento de saída “A” ocorre se todos os eventos de entrada “B_1, B_2 ...B_n” ocorrerem simultaneamente.
A B_1 B_2 ...B_n	OU	O evento de saída “A” ocorre se pelo menos um dos eventos de entrada “B_1, B_2 ...B_n” ocorrerem.

Os símbolos de eventos utilizados com mais freqüência na árvore de falhas são apresentados no Quadro 2.7.

Quadro 2.7 – Representação de eventos

Símbolo	Descrição do evento
retângulo	Evento representando combinação de outros eventos através da associação de portas lógicas
círculo	Evento básico
losango	Evento não desenvolvido
“transfer out” e *“transfer in”*	Símbolo de transferência

O evento denotado por um **retângulo** representa um evento de falha resultante de uma combinação de eventos básicos por meio de portas lógicas (O’CONNOR, 1991).

O evento denotado por um **círculo** representa um evento de falha básica. É um evento elementar independente de outros eventos (O’CONNOR, 1991; EBELING, 1997). A análise termina com um evento básico que não apresenta eventos abaixo dele. Conforme Scapin (1999), esses eventos são aqueles dos quais é possível obter informações de confiabilidade (tempo médio entre falhas, tempo médio até a falha, confiabilidade, taxa de falhas, etc.). Sakurada (2001) afirma que o evento básico é um evento que é o componente em si e, uma vez ocorrido, deve ser reparado ou substituído.

O evento simbolizado por um **losango** representa um evento não-desenvolvido em decorrência da falta de informação (SCAPIN, 1999). Tais eventos são incluídos na árvore de falha, pois essa é uma ferramenta de comunicação; entretanto, tais eventos são freqüentemente removidos antes de uma análise quantitativa.

O evento denotado por um **triângulo** representa um evento de transferência. Geralmente, é usado para interligar seções da árvore de falha que não são contínuas ou aparecem em páginas

diferentes. O par de triângulos *transfer-in* e *transfer-out* se referem a duas partes idênticas de relações causais. Os triângulos que apresentam o mesmo número se referem aos mesmos eventos. O triângulo *transfer-out* possui uma linha ao seu lado que sai de uma porta lógica de onde serão usados os eventos, enquanto que o triângulo *transfer-in* apresenta uma linha que sai de seu topo e vai para outra porta lógica e representa o ponto para onde serão transferidas cópias dos eventos.

Os principais passos para a análise da árvore de falhas são (EBELING, 1997): (*i*) Definir o sistema, suas fronteiras e o evento topo; (*ii*) construir a árvore de falhas que represente simbolicamente o sistema e seus eventos relevantes; (*iii*) efetuar uma avaliação qualitativa, identificando a combinação de eventos que causa o evento topo; (*iv*) realizar uma avaliação quantitativa, determinando a probabilidade de falha ou indisponibilidade dos eventos básicos e calcular a probabilidade do evento topo.

Para construir a árvore de falhas, realiza-se uma análise do tipo *Top-down,* iniciando com os eventos de topo que são os eventos indesejáveis, os quais se quer evitar. A partir disso, as causas associadas diretamente com o evento de topo são determinadas, correspondendo aos eventos do primeiro nível hierárquico. A análise prossegue para os eventos de segundo nível hierárquico e assim por diante, dependendo da complexidade do sistema, das informações do sistema, das informações sobre as falhas. Dependendo do maior ou menor detalhamento da árvore de falhas, tem-se uma maior quantidade de níveis hierárquicos. Finalmente, define-se o relacionamento entre os eventos através do uso das portas lógicas.

2.9 SISTEMÁTICA PARA APLICAÇÃO DA MCC

Livros textos, artigos técnicos e científicos e normas apresentam os conceitos e sistemáticas para a aplicação da MCC. As referências mais importantes são Moubray (2000), Smith (1993), Nowland & Heap (1978) e Anderson *et al.* (1978). As idéias principais apresentadas nas obras são basicamente iguais, e as sistemáticas para sua implementação apresentam pequenas variações, associadas à experiência de cada um dos autores.

Para a implementação da metodologia da MCC, um número de etapas devem ser seguidas. Os principais procedimentos descritos por Smith (1993), Moubray (2000), NASA (2000) e Rausand *et al.* (1998) foram agrupados no Quadro 2.8. Pode-se verificar que as seqüências de algumas etapas são coincidentes e existe pouca variação entre um procedimento e outro.

Quadro 2.8 – Comparação das sistemáticas para a aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade

Etapas	Smith (1993)	Moubray (2000)	NASA (2000)	Rausand *et al.* (1998)
1	Seleção do sistema e coleta de informações.	Definição das funções e padrões de desempenho.	Identificação do sistema e suas fronteiras.	Preparação do estudo.
2	Definição das fronteiras do sistema.	Definição da forma como o item falha ao cumprir suas funções.	Identificação dos sub-sistemas e componentes.	Seleção do sistema.
3	Descrição do sistema.	Descrição da causa de cada falha funcional.	Examinar as funções.	Análise das Funções e Falhas Funcionais – AFF.
4	Funções e falhas funcionais	Descrição das conseqüências de cada falha.	Definir falhas e modos de falha.	Seleção dos itens críticos.
5	Análise dos modos, efeitos e criticidade das falhas.	Definição da importância de cada falha.	Identificar as conseqüências da falha.	Coleta e análise de informações.
6	Análise da árvore lógica.	Seleção de tarefas preditivas e preventivas para cada falha.	Análise do diagrama lógico de decisão.	Análise dos modos, efeitos e criticidade das falhas.
7	Seleção das tarefas preventivas.	Seleção de tarefas alternativas.	Seleção das tarefas preventivas.	Seleção das tarefas de manutenção.
8				Determinação da freqüência das tarefas de Manutenção.

Na Figura 2.12, apresentada a seguir, demonstra-se a visão geral do processo de implementação da MCC sugerida por Rausand *et al.* (1998). Cabe salientar que a Figura 2.12 é apenas um guia; o tempo para implementação de cada etapa pode variar de analista para analista em função de seu conhecimento do sistema em implementação.

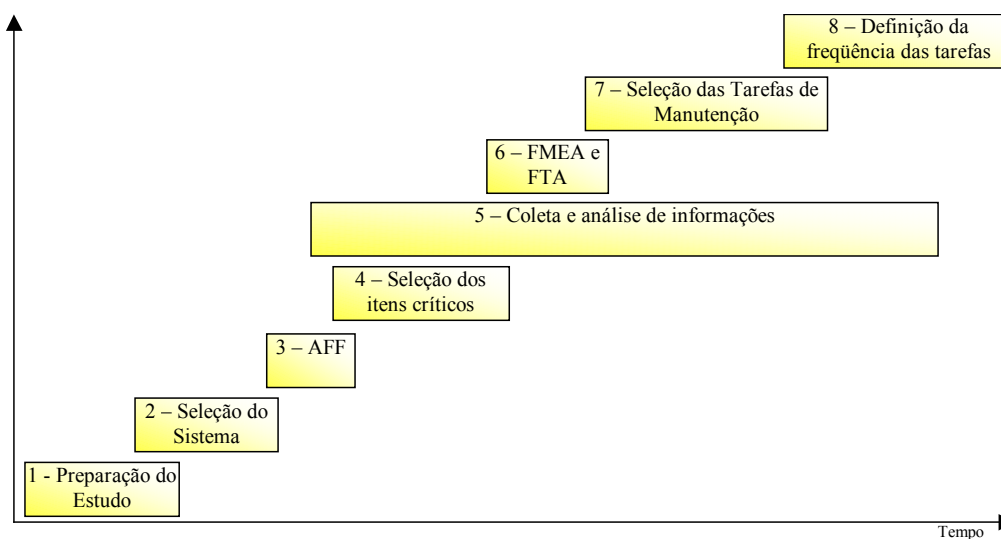



Figura 2.12 – O processo de implementação da MCC
Fonte: Rausand *et al.*, 1998.

Nunes (2002) menciona a importância de considerar as recomendações previstas na norma SAE JA 1011, editada em agosto de 1999, denominada Critérios de Avaliação da Manutenção Centrada em confiabilidade, traduzida do inglês *Evaluation Criteria for Reliability – Centered Maintenance (RCM) Processes.* Essa norma apresenta os critérios mínimos para uma aplicação ser considerada como de Manutenção Centrada em Confiabilidade.

O processo de implementação da MCC compreende basicamente oito etapas associadas ao item físico ou sistema sob manutenção, conforme ilustra a Figura 2.12 (RAUSAND *et al.*, 1998). A partir de citações de Rausand *et al.* (1998), Smith (1993) e Moubray (2000), entre outros, as oito etapas podem ser resumidas como segue:

(i) **Etapa 1 – Preparação do Estudo.** Essa etapa deve esclarecer e definir os objetivos e o escopo da análise.

(ii) **Etapa 2 – Seleção e Determinação do Sistema**. Essa etapa compreende a determinação do que será analisado e em que nível: planta industrial, sistema, itens físicos ou componentes.

(iii) **Etapa 3 – Análise das Funções e Falhas Funcionais.** Permite identificar as funções do sistema e as fronteiras entre os sistemas componentes da unidade fabril. Essa etapa compreende, também, a documentação de informações como a descrição do sistema, diagrama de blocos das funções, interfaces de entrada e saída, lista de equipamentos e seu histórico.

(iv) **Etapa 4 – Seleção dos Itens Críticos**. O objetivo dessa etapa é identificar itens físicos potencialmente críticos com relação às falhas funcionais.

(v) **Etapa 5 – Coleta e Análise de Informações.** Essa etapa compreende a coleta e analise das informações necessárias para implementar a análise da MCC.

(vi) **Etapa 6 – Análise de Modos e Efeitos de Falhas.** Permite identificar o papel que os itens físicos desempenham nas falhas funcionais.

(vii) **Etapa 7 - Seleção de Tarefas Preventivas.** Esse passo compreende a seleção das tarefas viáveis e efetivas na prevenção das falhas funcionais. Nessa etapa, segundo Smith (1993), faz-se ainda uma comparação entre o programa de manutenção

preventiva existente e o proposto pela MCC, além de uma revisão do processo, em busca de erros e omissões.

(viii) **Etapa 8 – Definição das Freqüências das Tarefas de Manutenção Preventiva**. O objetivo dessa etapa é determinar o intervalo ótimo para realizar as tarefas de manutenção previstas na etapa 7.

Nas próximas seções, são apresentadas as oito etapas detalhadamente, com o objetivo de determinar sistematicamente a metodologia para implementação da MCC.

2.9.1 Preparação do Estudo

Antes de se iniciar qualquer análise de MCC, deve-se definir o grupo de pessoas que trabalhará no processo de implementação da MCC (MOUBRAY, 2000). Esse grupo deve ser formado por pelo menos um colaborador da área de manutenção, um da área de operação, além de um especialista em MCC.

A literatura técnica aponta que, na etapa de preparação do estudo, o grupo de MCC deve definir e esclarecer os objetivos e o escopo da análise. Rausand *et al.* (1998) mencionam que as necessidades, políticas e critérios aceitáveis com relação à segurança e à proteção ambiental devem fazer-se visíveis como condições limitantes.

Em linhas gerais, pode-se afirmar que a MCC está concentrada na definição de estratégias de manutenção preventiva; porém, a análise pode cobrir outras áreas como a manutenção corretiva, problemas de suporte logístico e gestão de peças sobressalentes. O grupo de MCC deve definir áreas que farão parte da análise.

Cabe comentar que muitas aplicações da MCC são realizadas em plantas industriais que já apresentam um programa efetivo de manutenção preventiva. Nesses casos, a MCC deverá identificar e selecionar as tarefas de manutenção preventiva mais efetivas, recomendar revisões ou a elaboração de novas tarefas ou excluir tarefas ineficazes. (RAUSAND *et al.*, 1998).

2.9.2 Seleção do Sistema

Esta etapa compreende a determinação do que será analisado e em que nível: planta industrial, sistema, itens físicos ou componentes. A escolha de ativos ou sistemas são

prováveis de se beneficiar da implementação da MCC é fundamental no processo de planejamento (MOUBRAY, 2000).

Sobre o assunto, a literatura especializada, como Smith (1993) e MIL–STD 2173 (1986) discute e justifica que quando o planejamento da manutenção preventiva é elaborado do ponto de vista da função, o nível mais eficiente e significativo recomendado para a análise da MCC é o sistema. Tal consideração baseia-se em dois fatores: (*i*) itens físicos apresentam várias funções que se tornam visíveis para o analista somente quando observando o sistema e não o item isoladamente; (*ii*) comparações dos modos de falha no nível de sistema tornam-se mais perceptíveis, pois podem apresentar centenas de modos de falhas, ao passo que os itens físicos apresentam geralmente até oito modos de falha. Esse segundo fator é importante na análise, pois pode-se comparar mais modos de falhas e priorizar aqueles mais efetivos. Assim, os recursos financeiros estarão voltados aos modos de falha mais importantes.

Por outro lado, Smith (1993) comenta que a análise de toda a planta industrial pode se tornar inviável ao analista, devido ao grande número de funções a serem analisadas simultaneamente.

Para Srikrishna *et al.* (1996), para os sistemas prioritários beneficiarem-se da MCC, a seleção desses sistemas deve estar associada à análise de perdas de produção, custos de manutenção, tempo médio entre falhas e disponibilidade do equipamento. A esse respeito, Smith (1993) sugere também que a escolha deve basear-se em: (*i*) sistemas com elevado volume de tarefas de manutenção preventiva ou elevados custos de manutenção preventiva; (*ii*) sistemas que sofreram um grande número de intervenções corretivas durante os dois últimos anos; (*iii*) sistemas com elevado custo de intervenções de manutenção corretiva; (*iv*) sistemas com elevada contribuição nas paradas parciais ou totais da produção ao longo dos últimos dois anos; e (*v*) sistemas que apresentam risco à segurança humana e ambiental.

2.9.3 Análise das Funções e Falhas Funcionais

Essa etapa é de fundamental importância, pois o estabelecimento das funções e falhas funcionais constitue a essência da MCC. Os objetivos dessa etapa são (RAUSAND *et al.*, 1998; SMITH,1993): (*i*) definição das fronteiras do sistema e sua descrição; (*ii*) identificação das interfaces de entrada e saída do sistema; (*iii*) identificação e descrição das funções do sistema; e (*iv*) identificação das formas como o sistema pode falhar.

As etapas abordadas a seguir são desenvolvidas de forma a elaborar uma base de informações suficiente para a determinação das funções e falhas funcionais do sistema.

2.9.3.1 Definição das Fronteiras do Sistema

Essa etapa permite identificar as fronteiras entre os sistemas componentes da unidade fabril. O conhecimento preciso do que está sendo incluído no sistema, bem como das transformações que ocorrem entre a entrada e a saída do sistema, parecem ser, para Smith (1993), fatores importantes a serem determinados. Isso garante que nenhuma função importante seja negligenciada.

Os sistemas constituem-se num agrupamento lógico de itens físicos. Para a identificação de suas fronteiras, Lafraia (2001) e Smith (1993) sugerem a utilização de uma planilha similar à ilustrada no Quadro 2.9.

Quadro 2.9 - Planilha de identificação das fronteiras do sistema

<table>
<tr><td rowspan="3">MCC</td><td colspan="5">Planilha de identificação das fronteiras do sistema</td></tr>
<tr><td rowspan="2">SISTEMA
(Campos destinados à identificação do sistema e equipe que está realizando a análise MCC)</td><td rowspan="2">Sistema Nº</td><td>Equipe:</td><td>Data</td><td>Folha Nº</td></tr>
<tr><td>Analista:</td><td>Data</td><td>de</td></tr>
</table>

1 – Principais itens físicos:
(Campo destinado à identificação de todos os itens físicos que fazem parte do sistema em estudo)
2 – Fronteiras físicas do sistema: Inicia com: (Campo destinado à identificação das fronteiras físicas iniciais do sistema) Termina com: (Campo destinado à identificação das fronteiras físicas finais do sistema)
3 – Considerações necessárias: (Campo destinado à identificação de advertências e considerações associadas às fronteiras do sistema)

2.9.3.2 Descrição do Sistema

Essa etapa do processo de análise da MCC compreende a documentação de informações tal como a descrição do sistema, o diagrama de blocos funcional, as interfaces de entrada e

saída, a lista de equipamentos e seu histórico. É uma etapa importante, pois permite identificar e documentar os detalhes essenciais para a continuação da implementação da MCC.

A descrição do sistema consiste na integração de informações de modo a permitir um perfeito entendimento do que é utilizado para fornecer informações para a especificação de atividades de manutenção preventiva.

Smith (1993) salienta que uma descrição do sistema bem documentada produz muitos benefícios, dentre os quais cabe destacar: (*i*) ela ajudará a armazenar uma base precisa de definições do sistema desde seu início de existência até o momento da análise; (*ii*) ela assegurará que o analista tenha de fato adquirido um conhecimento completo do sistema; (*iii*) ela auxiliará na identificação de parâmetros críticos de operação e projeto que geralmente provocam a degradação ou perda das funções pretendidas do sistema.

O nível de detalhamento encontrado na descrição varia conforme a aplicação. Smith (1993) sugere que a descrição dos sistemas contemple: (*i*) a descrição das funções e seus parâmetros; (*ii*) características redundantes; (*iii*) características dos dispositivos de proteção (*iv*) características da instrumentação e controle. Essas informações podem ser agrupadas em uma planilha semelhante à apresentada no Quadro 2.10.

Quadro 2.10 - Planilha de descrição do sistema

<table>
<tr><td rowspan="3">MCC</td><td colspan="5">Planilha de descrição do sistema</td></tr>
<tr><td rowspan="2">SISTEMA
(Campos destinados à identificação do sistema e equipe que está realizando a análise MCC)</td><td rowspan="2">Sistema Nº</td><td>Equipe:</td><td>Data</td><td>Folha Nº
1</td></tr>
<tr><td>Analista:</td><td>Data</td><td>de
1</td></tr>
</table>

1 – Funções e seus parâmetros *(Campo destinado à identificação das funções e seus parâmetros de desempenho)*
2 – Redundâncias *(Campo destinado à identificação dos itens físicos redundantes do sistema)*
3 – Dispositivos de proteção *(Campo destinado à identificação dos dispositivos de proteção do sistema)*
4 – Instrumentação e controle *(Campo destinado à identificação das características da instrumentação e controle)*

Smith (1993) salienta que o analista pode decidir por fazer a descrição completa do sistema em um único formulário ou, quando o sistema é muito complexo, realizá-la em nível de subsistemas funcionais de modo a facilitar o gerenciamento de informações.

Outra atividade importante nessa etapa é a elaboração do diagrama de blocos do sistema. Esse diagrama permite subdividir o sistema em partes menores para facilitar a análise nas etapas seguintes do processo. O diagrama de blocos do sistema facilita o processo de análise e promove uma base lógica para separação de trabalho quando mais de um analista estiver envolvido na análise.

Os diagramas de blocos ilustram a operação, inter-relações e interdependências das unidades funcionais do sistema. São diagramas construídos para gerar conhecimentos para a definição das funções dos diversos níveis do sistema.

Segundo a norma MIL-ST-1629A (1980), pode-se utilizar dois tipos de diagramas de blocos para representar a seqüência funcional, a dependência e independência entre operações e as funções de um sistema; São eles: (*i*) diagrama de blocos funcionais; e (*ii*) diagramas de blocos de confiabilidade.

O diagrama de blocos funcionais ilustra graficamente a operação e a inter-relação entre os vários subsistemas funcionais. Esse diagrama apresenta o fluxo funcional para o sistema e para cada subsistema.

O diagrama de blocos de confiabilidade define a série de dependências e interdependências entre as funções ou grupos funcionais do sistema, para cada evento do seu ciclo de vida.

As normas militares MIL-STD-780 e MIL-STD-24100 são guias para o desenvolvimento de diagrama de blocos funcionais e de confiabilidade, respectivamente. A análise da literatura técnica associada à MCC tem sugerido, no entanto, a utilização única do diagrama de blocos funcionais para representar o sistema. Moubray (2000) menciona ainda que o uso do diagrama de blocos funcionais deveria ser restrito a sistemas que apresentam grande complexidade funcional.

Smith (1993) sugere que no desenvolvimento do diagrama de blocos funcionais, o sistema não seja representado por mais de cinco subsistemas funcionais, já que tal situação não costuma ocorrer na prática. Quando isso ocorre, provavelmente, o analista terá duplicado alguma das funções principais do sistema.

O diagrama de blocos funcionais do sistema permite, além de identificar as referidas funções do sistema, interligar as entradas e saídas com suas respectivas funções. Essas interfaces de entrada e saída cruzam as fronteiras do sistema. As interfaces de entrada podem ser sinais de calor, potência, fluidos, gases, etc., que entram pelas fronteiras do sistema, servindo ou auxiliando na operação de suas funções. Já, as interfaces de saída constituem-se naquelas que são o motivo da existência do sistema e, dessa forma, tornam-se o foco do princípio da preservação da função do sistema. No processo de análise do sistema, assume-se que as interfaces de entrada estão sempre presentes e disponíveis, quando necessário. As interfaces de saída de um sistema podem se constituir em interfaces de entrada de outro sistema. O diagrama de blocos funcional consiste em colocar as funções dentro de blocos. As interfaces de entrada são colocadas como setas que entram no bloco. As interfaces de saída são colocadas como setas que saem do bloco.

Para a elaboração do diagrama de blocos funcionais, Smith (1993) sugere a utilização de uma planilha similar à ilustrada no Quadro 2.11.

Quadro 2.11 - Planilha do diagrama de blocos funcional

<table>
<tr><td rowspan="3">MCC</td><td colspan="5">Planilha do diagrama de blocos funcionais</td></tr>
<tr><td rowspan="2">SISTEMA
(Campos destinados à identificação do sistema e equipe que está realizando a análise MCC)</td><td rowspan="2">Sistema N º</td><td>Equipe:</td><td>Data</td><td>Folha Nº</td></tr>
<tr><td>Analista:</td><td>Data</td><td>de</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>DIAGRAMA DE BLOCOS FUNCIONAIS

(Campo destinado à elaboração do diagrama de blocos funcionais, identificando todas as entradas, saídas e os fluxos envolvidos)</td></tr>
</table>

As interfaces de entrada e saída podem ser documentadas em uma planilha específica que relaciona todas as entradas, as saídas e as interfaces internas. As interfaces internas representam uma interação entre os subsistemas funcionais. A existência de tal interação indica que um subsistema depende da função de outro. Essas informações podem ser agrupadas em uma planilha semelhante à apresentada no Quadro 2.12.

Quadro 2.12 - Planilha de interfaces de entrada e saída

MCC	Planilha de interfaces de entrada e saída				
	SISTEMA *(Campos destinados à identificação do sistema e equipe que está realizando a análise MCC)*	Sistema N º	Equipe:	Data	Folha Nº
			Analista:	Data	de

1 – Interfaces de entrada:
(Campo destinado à identificação de todas as interfaces de entrada do sistema)
2 – Interfaces de saída:
(Campo destinado à identificação de todas as interfaces de saída do sistema)
3 – Interfaces internas de entrada e saída
(Campo destinado à identificação de todas as interfaces internas de entrada e saída do sistema)

Na descrição do sistema, outra etapa importante consiste na elaboração da lista de equipamentos do sistema. Para cada subsistema do diagrama de bloco funcional, são listados os itens físicos a ele pertencentes. A literatura sugere que as planilhas de informações sejam divididas em itens físicos operacionais e dispositivos de instrumentação e controle.

A lista de itens físicos dos subsistemas podem ser documentadas no formulário ilustrado no Quadro 2.13.

Quadro 2.13 - Planilha de descrição dos itens físicos do subsistema

MCC	Planilha para descrição dos itens físicos do subsistema				
	SISTEMA *(Campos destinados à identificação do sistema, subsistema e equipe que está realizando a análise MCC)*	Sistema N º	Equipe:	Data	Folha Nº
	SUBSISTEMA:	Subsistema N º	Analista:	Data	de

ITENS FÍSICOS
(Campo destinado à identificação dos itens físicos do subsistema)
INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE
(Campo destinado à identificação da instrumentação e controle do subsistema)

Fonte: Smith, 1993 p. 76.

A descrição do sistema depende também da análise do histórico de manutenção e falhas dos itens físicos. Para os propósitos da MCC, o histórico de maior interesse direto é aquele associado com as falhas ocorridas nos últimos dois ou três anos. As informações sobre o histórico das falhas são armazenadas em um formulário, tal qual ilustrado no Quadro 2.14.

Quadro 2.14 - Planilha para identificação do histórico dos equipamentos

<table>
<tr><td rowspan="3">MCC</td><td colspan="5">Planilha para identificação do histórico dos itens físicos</td></tr>
<tr><td rowspan="2">SISTEMA
(Campos destinados à identificação do sistema e equipe que está realizando a análise MCC)</td><td rowspan="2">Sistema N º</td><td>Equipe:</td><td>Data</td><td>Folha Nº</td></tr>
<tr><td>Analista:</td><td>Data</td><td>de</td></tr>
</table>

Item físico	Data	Modo de Falha	Causa da Falha
(Campo destinado à identificação do item físico)	*(Campo destinado à data da ocorrência da falha)*	*(Campo destinado à identificação do modo de falha que afetou a função do item físico)*	*(Campo destinado à identificação da causa da falha que gerou o modo de falha)*

Fonte: Smith, 1993 p. 77.

As principais informações contidas nos formulários são os modos de falha e a causa das falhas, associadas com as respectivas ações de manutenção corretivas. Essas informações serão úteis na etapa 5, quando for feita a análise de modos e efeitos de falhas do sistema.

2.9.3.3 Funções e Falhas Funcionais

As interfaces de saída, determinadas nas etapas anteriores constituem-se, conforme Smith (1993), na principal fonte para especificar as funções do sistema. As interfaces de saída são transformadas em funções, associadas aos seus respectivos padrões de desempenho. As interfaces internas de saída entre os subsistemas funcionais também constituem-se em fonte para a especificação das funções do sistema, uma vez que são essenciais ao desempenho do sistema.

O analista deve ter em mente também que existem funções passivas que, no entanto, não são tão óbvias como as demais. Na literatura, pode-se encontrar alguns exemplos como é o caso da integridade estrutural. Convém também dividir as funções em principais e secundárias, visto que estas têm conseqüências menos sérias do que as principais (MOUBRAY, 2001).

Nessa etapa, o grupo deve ter em mente que aquilo que é analisado são as funções do sistema e não o que o item físico representa no sistema. Smith (1993) menciona que se deve evitar o uso do nome do item físico para descrever a função do sistema. Entretanto, não se deve esquecer de associá-lo à função, pois isso torna a análise mais eficaz.

Quando as funções do sistema estiverem concluídas, pode-se definir as falhas funcionais. Segundo Smith (1993), preservar as funções do sistema significa evitar falhas funcionais. Nunes (2001) comenta que as falhas funcionais podem ser encaradas como uma negação das funções anteriormente definidas, ou seja, a incapacidade ou inabilidade de um item físico em atender ao desempenho desejado em relação ao seu contexto operacional.

Cabe comentar que, embora a falha ocorra no item físico, o processo de análise enfoca a perda funcional e não a perda do próprio item físico. É importante frisar também que pode haver múltiplas falhas funcionais para uma dada função.

Smith (1993) sugere a utilização de uma planilha similar à ilustrada no Quadro 2.15, para a descrição das funções e respectivas falhas funcionais.

Quadro 2.15 - Planilha para descrição das falhas funcionais

MCC

Planilha para descrição das funções e falhas funcionais

SISTEMA	Sistema Nº	Equipe:	Data	Folha Nº
(Campos destinados à identificação do sistema, subsistema e equipe que está realizando a análise MCC)				
SUBSISTEMA:	Subsistema Nº	Analista:	Data	de

Nº	FUNÇÃO	Nº	FALHA FUNCIONAL
	(Campos destinados à identificação da função do subsistema e seus códigos)		*(Campos destinados à identificação da falha funcional da função e seus códigos)*

Fonte: Smith, 1993 p. 81

2.9.4 Seleção dos Itens Físicos Críticos

O objetivo dessa etapa é identificar os itens físicos que são potencialmente críticos com relação às falhas funcionais identificadas na seção 2.9.3.3, além de apresentar elevada taxa de falha, altos custos de reparo, baixa mantenabilidade, ou necessidade de pessoal externo de manutenção. Autores como Rausand *et al.* (1998) designam os itens com as características citadas acima como "Itens Significativos de Manutenção – ISM" traduzido do inglês *Maintenance Significant Items.* Outros autores designam tais itens por itens críticos.

Autores como Smith (1993) alegam que a separação em itens físicos críticos não deve ser feita, pois pode excluir alguns itens físicos importantes do foco de atenção. No entanto, autores como Paglia *et al.* (apud Rausand *et al.,* 1998) afirmam que a seleção de itens críticos é muito importante, para não se perder tempo e dinheiro na análise de itens que não trarão um retorno significativo. Conforme os autores, em muitos casos é benéfico definir os itens

críticos; em outros, talvez não. Ainda sobre o assunto, Smith (1993) comenta que se deve ter muito cuidado para não descartar prematuramente itens como não críticos até que se tenha identificado uma perfeita correlação entre as funções e falhas funcionais.

Outros autores argumentam que o principal objetivo do processo da MCC é criar uma base para avaliação da manutenção e ajuste de tarefas. A seleção dos itens físicos críticos irá reduzir a base de dados e resultará numa avaliação insuficiente do processo.

Para a identificação dos possíveis itens críticos, Smith (1993) sugere a elaboração de uma planilha que correlacione falhas funcionais e itens físicos. A matriz de equipamentos *versus* falhas funcionais visa correlacionar as falhas funcionais com os equipamentos e classificá-los em ordem de criticidade, a fim de estabelecer prioridades para aplicar a metodologia da MCC. A matriz é elaborada para cada subsistema funcional previamente definido. Falhas funcionais e itens físicos são listados nas colunas e linhas da matriz, respectivamente. O objetivo da elaboração da matriz é identificar os itens físicos que podem contribuir para a falha funcional. Isso requer que o analista tenha um profundo conhecimento do projeto do sistema e de suas características operacionais. Segundo Smith (1993), quando a matriz está completa, tem-se um mapa específico para guiar o processo de análise do sistema.

A conexão entre as falhas funcionais e os itens físicos é avaliada pela opinião dos especialistas e é realizada através do preenchimento do formulário ilustrado no Quadro 2.16. Falhas funcionais são aquelas a serem evitadas através das ações de manutenção preventiva que se está procurando definir.

Quadro 2.16 – Planilha para descrição da falha funcional e itens físicos

MCC	Planilha para descrição da falha funcional e itens físicos				
	SISTEMA	Sistema Nº	Equipe:	Data	Folha Nº
	(1)				1
			Analista:	Data	de
					1
	SUBSISTEMA:				

Nº	ITENS FÍSICOS	FALHA FUNCIONAL	(2)	(2)	(2)																	
		C_H	(4)																			
		C_A	(5)																			
		C_E	(6)																			
Nº	Descrição	D M																				I_{CE}
	(3)	(7)																				(9)
									(8)													

De acordo com o modelo ilustrado no Quadro 2.16, é apresentado na seqüência cada item relevante conforme relacionados com a numeração apresentada.

(1) Cabeçalho: tem por objetivo identificar o sistema e subsistema funcional no qual está sendo realizada a análise. A seção também apresenta campos para identificar a equipe e analista empenhados no preenchimento da planilha.

(2) Falha Funcional: campo destinado à identificação das falhas funcionais do subsistema em análise.

(3) Item físico: campos destinados à descrição dos itens físicos do sistema e seu código.

(4) Conseqüência na segurança humana - C_H: linha destinada à identificação da resposta à pergunta "A falha funcional apresenta conseqüência na segurança humana?". Respostas possíveis são sim (s) e não (n).

(5) Conseqüência na integridade ambiental – C_A: linha destinada à identificação da resposta a pergunta "A falha funcional apresenta conseqüência na integridade ambiental?". Respostas possíveis são sim (s) e não (n).

(6) Conseqüências econômicas e operacionais – C_{E_j}: linha destinada a identificação do grau de relação da falha funcional com as conseqüências da falha funcional associadas a questões econômicas e operacionais. Os índices de correlação variam de 0 (nenhuma correlação) a 5 (forte correlação).

(7) Dificuldade de realizar a manutenção $-D_{M_i}$: coluna destinada à identificação do grau de dificuldade em realizar a manutenção do item físico. Os índices variam de 1 (pequena dificuldade) a 5 (grande dificuldade). A dificuldade de manutenção está associada ao tempo para realizar a manutenção, à existência ou não de equipamentos sobressalentes, necessidade de pessoal externo de manutenção, e baixa possibilidade de realizar manutenções.

(8) Grau de correlação - $G_{C_{i,j}}$: campos destinados à correlação dos itens físicos com as falhas funcionais. Os campos são preenchidos com um índice que varia de 0 (nenhuma correlação) a 5 (grande correlação).

(9) Índice de criticidade econômica $- I_{CE_i}$: campo destinado à identificação do índice de criticidade econômica calculado para cada item físico. A avaliação do índice de criticidade do $i^{ésimo}$ item físico é realizada, levando-se em conta os índices $D_{M\,i}$, $G_{C\,i,j}$ e $C_{E\,j}$, através da fórmula:

$$I_{CEi} = D_{Mi} \cdot \left(\sum_{j=1}^{n} \left(G_{Ci,j} \cdot C_{Ej} \right) \right)$$

A partir da análise dos resultados do preenchimento do Quadro 2.16., pode-se definir os itens críticos do subsistema. Itens físicos associados em qualquer grau de correlação (G_C) com falhas funcionais, com conseqüências na segurança humana e integridade ambiental são considerados como críticos. Itens físicos que apresentam correlação com as falhas funcionais, com conseqüência de ordem econômica, deverão ser priorizados levando em conta o índice de criticidade econômica – I_{CE}.

Caso algum item físico não seja associado a nenhuma falha funcional, possivelmente não terá nenhuma função ao sistema e poderá ser descartado da análise do sistema. Smith (1993) menciona, entretanto, que todos os itens são potencialmente críticos e podem gerar uma ou mais falhas funcionais.

Alguns autores recomendam que os itens de instrumentação e controle sejam classificados em: (*i*) instrumentos para manter as funções de controle; (*ii*) instrumentos para dar alarme; e (*iii*) instrumentos para fornecer somente informações sobre o *status* do item físico. Smith (1993) recomenda que os instrumentos que fornecem somente informações sobre o *status* do item físico sejam colocados diretamente na lista de operar até a falha, na etapa de seleção de tarefas de manutenção. Instrumentos de medição costumam requerer pouca manutenção preventiva.

2.9.5 Coleta e Análise de Informações

A obtenção de informações a respeito do sistema em análise é de fundamental importância para a implementação do processo de MCC, pois subsidiará as demais etapas com informações para a tomada de decisão. Não há um momento exato para o início e término dessa etapa.

De acordo com Rausand *et al.* (1998), as informações para a análise da MCC podem ser divididas em três categorias: (*i*) informações de projeto; (*ii*) informações operacionais; e (*iii*) informações de confiabilidade.

A coleta de informações históricas que serão necessárias nas outras etapas do processo de implementação da MCC podem ser obtidas nos seguintes documentos (SMITH, 1993): (*i*) diagramas de instrumentação; (*ii*) diagramas de bloco ou esquemas do sistema; (*iii*) manuais e memoriais de venda dos equipamentos, que contenham informações sobre o projeto e operação dos equipamentos do sistema; (*iv*) arquivos históricos do equipamento que listem as falhas ocorridas e as ações de manutenção corretiva desenvolvidas; (*v*) manuais de operação do sistema, que detalham as funções pretendidas para o sistema, como elas se relacionam com outros sistemas e quais são os limites operacionais; e (*vi*) especificações e dados descritivos do projeto do sistema, que ajudarão o analista a identificar as funções do sistema.

2.9.6 Análise de Modos e Efeitos de Falhas

O objetivo dessa etapa é identificar os modos de falha dominantes dos itens críticos de manutenção. Para desenvolver essa etapa, utiliza-se a ferramenta FMEA – Análise de Modos e Efeitos de Falhas.

Para o processo de implementação da MCC, o FMEA fornece a caracterização dos modos de falha associados aos itens físicos, às causas da falha, a seus efeitos e as suas conseqüências. Um modo de falha qualquer pode estar associado a mais de uma causa, bem como o efeito estar associado a uma ou mais causas.

A planilha da FMEA aplicada a MCC deve ser elaborada para cada falha funcional, a qual é identificada no cabeçalho da planilha com as demais informações padrões sobre o sistema e subsistema. Então, para cada item físico listado na matriz de itens físicos *versus* falhas funcionais, o analista deve estabelecer, inicialmente, como o item físico pode falhar (modo de falha) de maneira a produzir a falha funcional em questão. Esse modo de falha deve ser descrito, se possível, com no máximo quatro palavras ou menos.

Há no mínimo três fontes de informações, nas quais o analista poderá recorrer para determinar os modos de falha do item físico: (*i*) histórico dos equipamentos definidos na etapa 5; (*ii*) experiência obtida de engenheiros, técnicos, e do pessoal de projeto e manuseio do

equipamento; (*iii*) a FMEA de projeto ou literatura especializada que contenha informações ou coletânea sobre os modos de falhas.

A literatura técnica sugere a utilização de uma planilha similar à ilustrada no Quadro 2.17 para a efetivação da FMEA na MCC (MOUBRAY, 2000; SMITH, 1993).

Quadro 2.17 - Formulário FMEA usado na MCC

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DE MODOS E EFEITOS DE FALHAS			
	SISTEMA (Cabeçalho da Planilha)	Sistema nº	Equipe:	Folha Nº
	SUBSISTEMA	Subsistema nº	Analista:	Data

FUNÇÃO:	(Campo destinado à identificação da função do subsistema)	FALHA FUNCIONAL:	(Campo destinado à identificação da falha funcional do subsistema)

ÍTEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIA DA FALHA	D.D
(Campo destinado à identificação do ítem físico)	*(Campo destinado à identificação do modo de falha potencial)*	*(Campo destinado à identificação das causas do modo de falha)*	*(Campo destinado a descrever o efeito da falha e conseqüência quando ocorre o modo de falha. A descrição pode ser feita em nível local, nível de subsistema ou em nível de planta industrial)*	

(Campo destinado à indicação da utilização ou não do Diagrama de Decisão para análise do modo de falha. Se a resposta for "S" (Sim), o modo de falha será analisado pelo Diagrama de Decisão. Se a resposta for "N"(Não), será adotada a tarefa de manutenção "Operar até a falha", atuando-se na correção somente após a ocorrência da falha)

2.9.7 Seleção das Tarefas de Manutenção Preventiva

O principal critério empregado na seleção de tarefas preventivas é que sejam aplicáveis e eficazes (SAE JA-1011, 1999). O termo aplicável designa tarefas que possibilitem prevenir ou mitigar uma falha, descobrir o início de um processo de falha ou descobrir uma falha oculta. O termo eficaz designa tarefas que sejam econômicas dentre as tarefas consideradas aplicáveis.

As ferramentas básicas para o desenvolvimento dessa etapa são a Árvore Lógica de Decisão e o Diagrama de Decisão Seleção das Tarefas de Manutenção.

2.9.7.1 Árvore Lógica de Decisão

O objetivo da análise da Árvore Lógica de Decisão (ALD) é priorizar os modos de falha que irão absorver recursos financeiros no processo de MCC. A Análise da ALD é um

processo qualitativo que classifica os modos de falhas em quatro categorias descritas abaixo. É um processo simples em que o analista responde a cinco questões com um sim ou não.

Na Figura 2.13 é ilustrada uma ALD. A análise da ALD permitirá classificar cada modo de falha em uma das quatro categorias: (*i*) relacionado com a segurança; (*ii*) relacionado com a integridade ambiental; (*iii*) relacionado com a parada forçada de produção; e (*iv*) relacionado com as perdas econômicas. O diagrama permite também identificar e distinguir as falhas evidentes das ocultas para o operador.

A primeira questão tratada na ALD permite identificar aqueles modos de falha que são ocultos para o operador. Uma resposta "não" nessa etapa implica em um modo de falha oculto, e o analista deve retornar a ALD, para verificar se o respectivo modo de falha representa um problema de segurança, de integridade ambiental ou econômico ou parada forçada de produção. Se a resposta à primeira pergunta é um "sim", passa-se para a segunda pergunta que visa identificar se o modo de falha causa problemas de segurança.

2.9.7.2 Diagrama de Decisão para Seleção das Tarefas de Manutenção

Essa etapa do processo de implementação da MCC consiste na seleção das tarefas de manutenção aplicáveis ao ativo físico. A etapa é dividida em duas: (*i*) processo de seleção das tarefas; e (*ii*) processo de comparação das tarefas antigas com as propostas pela MCC.

Na etapa de seleção das tarefas de manutenção preventiva, o objetivo é listar todas as tarefas de manutenção aplicáveis ao ativo e que irão fornecer um retorno financeiro frente aos recursos investidos e, então, selecionar as tarefas mais efetivas.

Caso nenhuma tarefa seja selecionada, deve-se optar pela decisão de "Operar até a falha". Entretanto, essa opção não se aplica aos modos de falha (A ou D/A) associados à segurança. Nesse caso, a tarefa de "Reprojeto" deve ser a opção principal.

O diagrama de decisão para seleção de tarefas, ilustrados na Figura 2.14 é utilizado para especificar as tarefas de manutenção aplicáveis e efetivas.

A Figura 2.14 consiste num diagrama com várias perguntas. As respostas dadas pelo analista conduzem à especificação de uma tarefa ou de uma nova pergunta. O diagrama

apresenta nove perguntas que, se adequadamente respondidas, conduzem à especificação de alguma tarefa de manutenção.

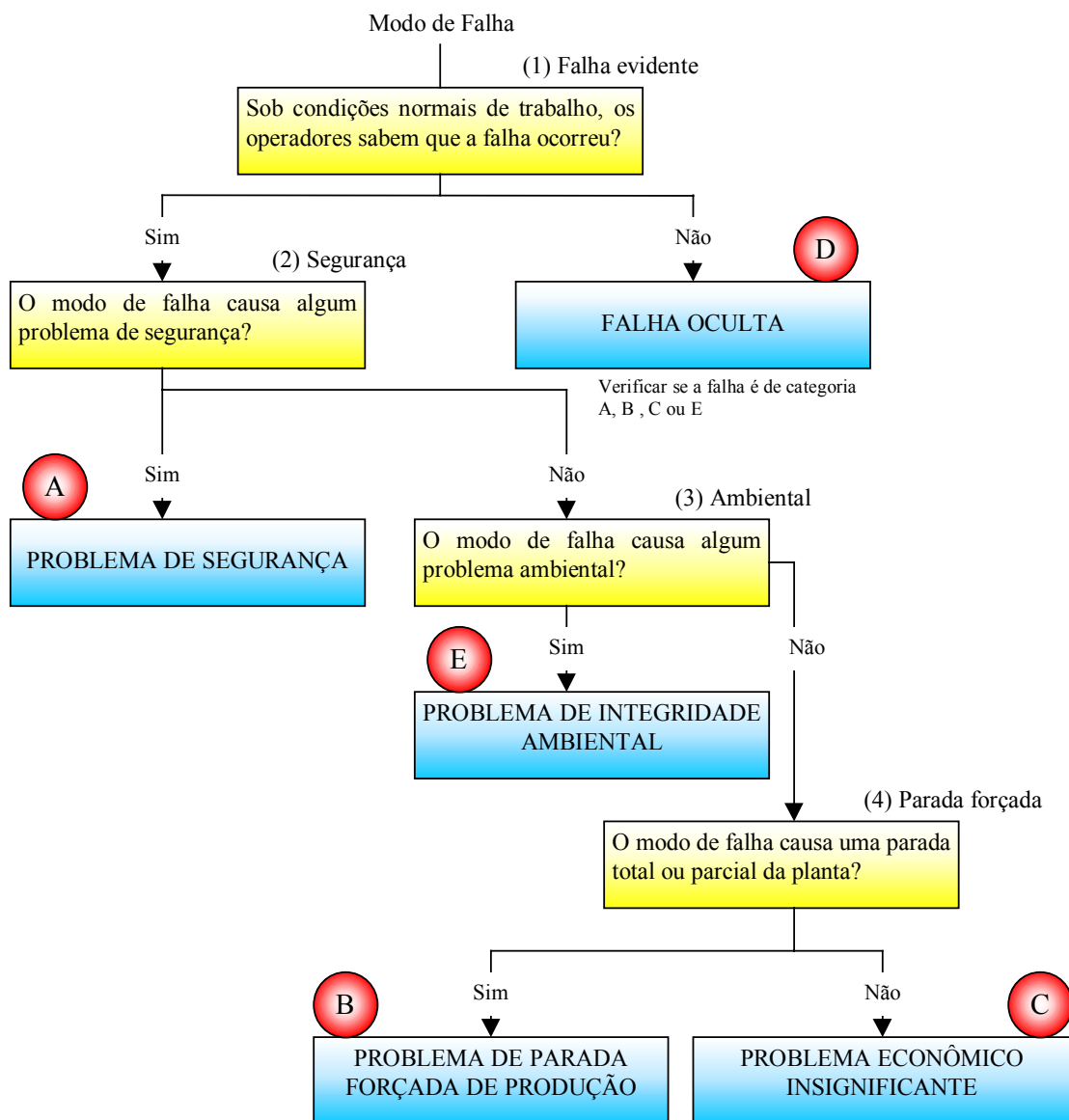



Figura 2.13 – Árvore Lógica de Decisão
Fonte: Adaptação feita a partir de Smith (1993)

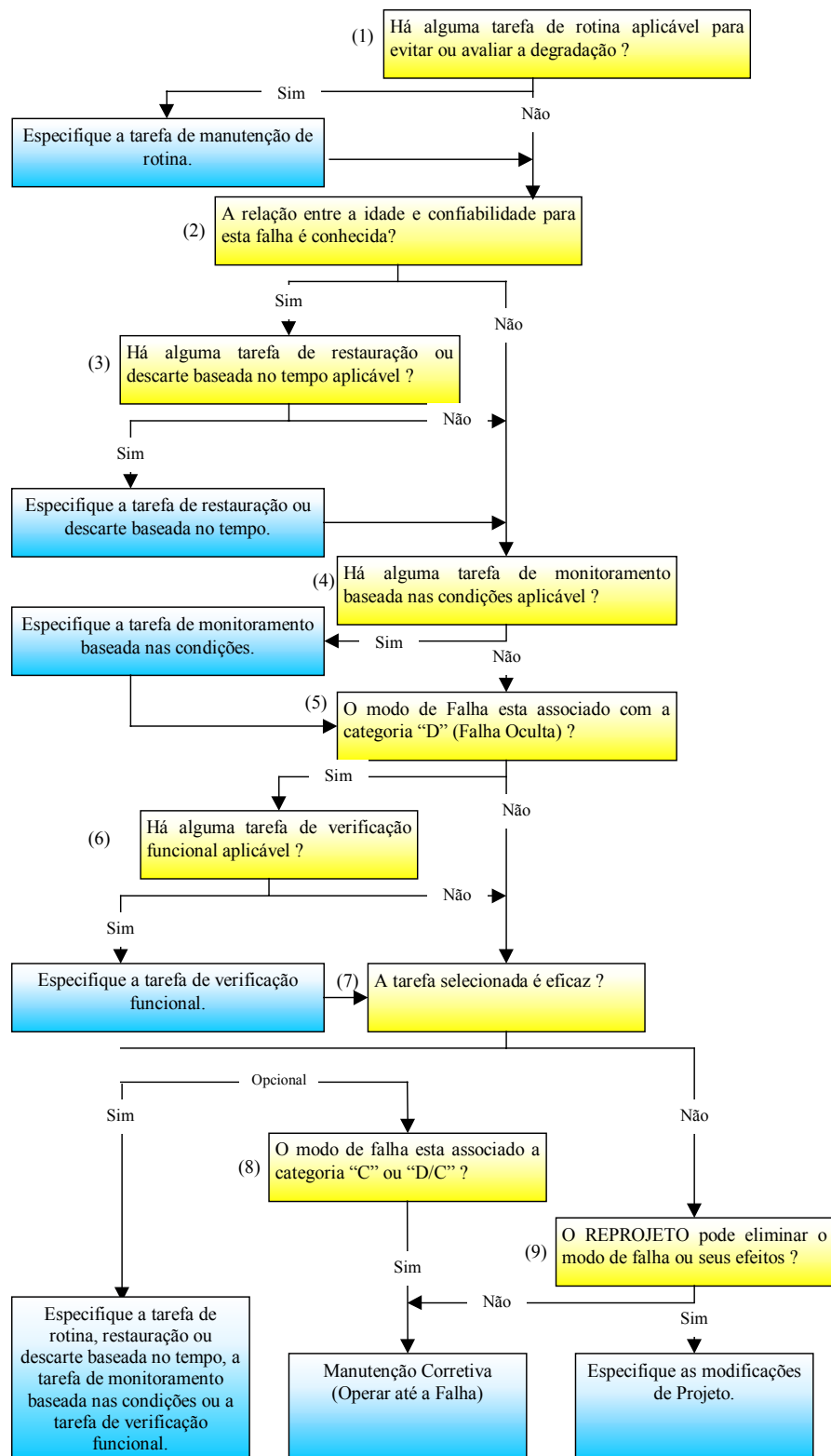



Figura 2.14 – Diagrama de decisão para seleção das tarefas de manutenção
Fonte: Adaptação feita a partir de Smith, 1993 p. 95

O item 5, do formulário identificado no Quadro 2.18 é usado para armazenar todas as informações e decisões realizadas durante o processo de seleção de tarefas.

Nos itens a seguir apresentam-se, brevemente, os comentários associados a cada pergunta. Cada item está associado com as perguntas numeradas na Figura 2.14.

(1) A primeira questão a ser respondida esta associada à existência ou não de tarefas de manutenção de rotina aplicáveis que possam evitar ou avaliar a degradação do modo de falha.

(2) A próxima informação a ser conhecida é a taxa de falhas ou a função de densidade das falhas do equipamento. Quando essa informação é conhecida, deve-se responder a essa questão com um "sim". Na ausência de uma informação confiável, deve-se responder "não", para não especificar inadequadamente uma tarefa de restauração ou descarte baseada no tempo.

(3) Quando há informações sobre a idade e confiabilidade, tem-se, geralmente, um entendimento sobre as causas e mecanismos associados com o modo de falha e sobre a evolução da taxa de falhas no tempo. Dessa forma, tem-se informações para selecionar uma tarefa de restauração ou descarte baseada no tempo e sua periodicidade de modo a minimizar as chances de ocorrência da falha. Consideração especial deverá ser dada a equipamentos que apresentam uma taxa de falhas constante ao longo de sua vida, pois nesse caso, nenhuma tarefa de restauração ou descarte baseada no tempo é aplicável.

(4) Mesmo que alguma tarefa de restauração ou descarte baseada no tempo tenha sido selecionada, pode-se definir alguma tarefa de monitoramento baseada nas condições, objetivando medir algum parâmetro indicativo da falha ao longo do tempo, podendo esta ser ainda a melhor opção. Se a resposta à questão (2) for um não, pode-se encontrar uma tarefa de monitoramento baseado nas condições; porém, há modos de falha que não respondem adequadamente a tarefas de restauração ou descarte baseadas no tempo e nem a tarefas de monitoramento baseadas nas condições.

(5) Verifique se a falha é oculta.

(6) Se a falha for oculta, pode-se especificar uma tarefa de verificação funcional. É raro não encontrar alguma tarefa de verificação funcional para teste ou inspeção. Quando

uma tarefa de verificação funcional é selecionada, deve-se definir sua periodicidade de modo a eliminar ou minimizar qualquer tempo de parada da planta, necessário para corrigir a falha.

(7) O objetivo dessa questão é examinar os custos associados com cada possível tarefa selecionada, incluindo até mesmo a opção de operar até a falha. Nessa etapa, deve-se selecionar a tarefa que apresente o melhor custo associado.

(8) Essa etapa do processo questiona novamente os modos de falha da categoria “C” ou “D/C” de modo a incluí-los na opção operar até a falha.

(9) Essa questão direciona o analista a considerar possíveis melhorias no equipamento, tais como o reprojeto, se nenhuma tarefa efetiva foi identificada. Quando as falhas estão associadas com segurança humana e ambiental, a opção de reprojeto deve ser prioritária.

As informações obtidas na análise da Árvore Lógica de Decisão e no Diagrama de Decisão para seleção das tarefas de manutenção são armazenadas na planilha ilustrada no Quadro 2.18, com campos descritos na seqüência.

Quadro 2.18 – Planilha para seleção de tarefas

MCC	Planilha para seleção de tarefas				
	SISTEMA (1)	Sistema nº FPQM-03	Equipe:		Folha Nº
	SUBSISTEMA	Subsistema nº	Analista:	Data: 16/05/03	

		ÁRVORE LÓGICA DE DECISÃO					DIAGRAMA DE SELEÇÃO DE TAREFAS									TAREFA	
FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	E	S	A	O	Cat.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	AÇÃO	Freq.
(2)	(3)			(4)							(5)					(6)	(7)

1. Cabeçalho: identifica o sistema e o subsistema no qual está sendo realizada a MCC, bem como da equipe técnica responsável pela análise.

2. Falha funcional: campo destinado à identificação das falhas funcionais do subsistema;

3. Modo de falha: Esse campo é destinado à identificação dos modos de falha.

4. Respostas da Árvore Lógica de Decisão: campos destinados a assinalar as respostas da análise Árvore Lógica de Decisão. A coluna especificada por “E” esta associada a falhas Evidentes ou Ocultas. A coluna especificada por “S” esta associada a falhas com conseqüências de segurança humana. A coluna especificada por “A” esta associada a falhas com conseqüência na integridade ambiental. A coluna especificada por “O” esta associada a falhas com conseqüência operacional. A coluna especificada por “Cat” permite a identificação da categoria da falha, que pode ser do tipo 1 (A ou D/A), do tipo 2 (E ou D/E), do tipo 3 (B ou D/B) e do tipo 4 (C ou D/C).

5. Respostas do Diagrama de Decisão para Seleção de Tarefas: campos destinados a assinalar as respostas provenientes da análise do Diagrama de Decisão para Seleção de Tarefas.

6. Ação: campo destinado à identificação das tarefas de manutenção adequadas para a respectiva falha funcional;

7. Freqüência: campo destinado à identificação da freqüência da tarefa de manutenção;

As informações associadas ao item 4, coluna denotada por “Cat.” (Categoria) do Quadro 2.18, são importantes para a priorização dos modos de falha. Quando o processo de decisão é concluído, os modos de falha são classificados como A, B, C, E, D/A, D/B, D/C ou D/E.

Os modos de falha classificados como A e E devem ser priorizados em relação aos modos de falha “B” e todos devem ser prioritários em relação aos do tipo “C”. Smith (1993) menciona que os recursos da manutenção preventiva podem ser priorizados da seguinte maneira: (*1º*) A ou D/A; (*2º*) E ou D/E; (*3º*) B ou D/B; (*4º*) C ou D/C.

Conforme Smith (1993), somente os modos de falha classificados com A, E e B devem ser conduzidos à etapa seguinte.

Os modos de falha classificados como “C”, geralmente, são aqueles associados a pequenos vazamentos, à degradação da transferência de calor, etc.

2.9.8 Definição da Periodicidade das Tarefas de Manutenção Preventiva

2.9.8.1 Periodicidade das Tarefas de Restauração e Descarte Baseada no Tempo

A periodicidade de execução das tarefas de restauração e descarte baseada no tempo levam em conta a idade na qual o item físico apresenta um rápido aumento da probabilidade de falha. Moubray (2000) menciona que há dois intervalos para execução das tarefas: um definido como limite de vida segura, associado às falhas com conseqüência na segurança humana e ambiental; outro definido como limite de vida econômica, associado com conseqüências operacionais e econômicas. Conforme Moubray (2000), o limite de vida segura é, muitas vezes, estabelecido, dividindo o MTBF por um fator arbitrário, maior que três ou quatro. O autor menciona também que o limite de vida econômica é usualmente igual à vida útil do item.

A Figura 2.15 (a) ilustra um exemplo com a curva de distribuição de freqüência de falhas e o MTBF. Já na Figura 2.15 (b) observa-se a taxa de falha – λ, o período de vida útil e o limite de vida segura. Observa-se neste exemplo que o limite de vida segura foi determinado dividindo-se o MTBF por quatro.

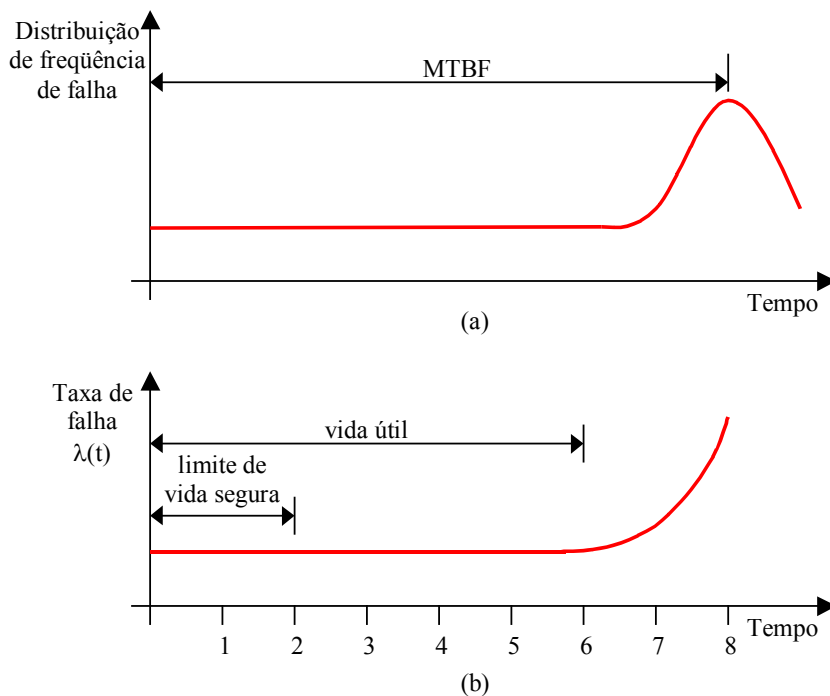



Figura 2.15 – Periodicidade das tarefas de restauração e descarte baseada no tempo

2.9.8.2 Periodicidade das Tarefas de Monitoramento Baseada nas Condições

A periodicidade da execução das tarefas de monitoramento baseado nas condições que tem por objetivo detectar falhas potenciais deve ser inferior ao intervalo P-F. Moubray (2000) propõe que o intervalo para a execução da tarefa de monitoramento baseado nas condições seja a metade do intervalo P-F, pois isso permite que a inspeção detectará a falha potencial antes de ocorrer a falha funcional e garantirá um tempo, no mínimo, igual à metade do intervalo P-F, para que alguma ação seja tomada no sentido de corrigir a falha potencial.

2.9.8.3 Periodicidade das Tarefas de Verificação Funcional

As tarefas de verificação funcional são determinadas conhecendo-se a indisponibilidade e a confiabilidade do item. Moubray (2000) sugere a utilização da expressão:

$$PVF = I \times MTBF ,$$

em que PVF designa a periodicidade da tarefa de verificação funcional, I a indisponibilidade do dispositivo de proteção e MTBF o tempo médio entre falhas.

2.9.8.4 Periodicidade das Tarefas Baseadas na Opinião de Especialistas

Quando não se dispõem de informações históricas para determinar estatisticamente a periodicidade das tarefas de manutenção, a única opção é determiná-las através da opinião de especialistas. Conforme Smith (1993) e a MIL-STD-2173 (1986), tal recurso é utilizado em fases iniciais de implementação da MCC.

A técnica de coleta de informações é estritamente empírica e consiste na estimação da periodicidade das tarefas de manutenção baseada no conhecimento que os especialistas possuem do sistema. Inicialmente, é estimado um certo período de falha para o item físico. Após esse período, é realizada a primeira revisão do equipamento em que se inspeciona as suas partes sujeitas à degradação e ao desgaste. Se a inspeção não revelar nenhum sinal de degradação e desgaste, o equipamento é remontado e aumenta-se o intervalo em 10%. O processo é repetido continuamente até que em uma das revisões encontra-se um sinal de degradação ou desgaste. Nesse ponto, pára-se o processo, regride-se 10%, e define-se esse como o momento final para a realização da tarefa de manutenção (SMITH, 1993).

A técnica de determinação da periodicidade das tarefas baseada na opinião de especialistas é útil para ser aplicada com as tarefas de monitoramento baseada nas condições, tarefas de descarte e restauração baseadas no tempo, bem como para tarefas de verificação funcional. Para as tarefas de monitoramento baseadas nas condições deve-se considerar, além da periodicidade, a amplitude do parâmetro físico que será usado para alertar o início da falha.

2.9.9 Comparação de Tarefas Antigas com Tarefas Propostas pela MCC

A etapa de comparação das tarefas antigas com as novas propostas pelo MCC visa permitir que todos conheçam as diferenças entre as duas propostas e motivar especificamente os gerentes a trocar o programa de manutenção existente. Da mesma forma, se a planta é nova, essa etapa permitirá comparar as tarefas propostas pelo fabricante do equipamento com as propostas pela MCC.

A planilha ilustrada no Quadro 2.19 permite registrar as informações referentes à comparação das atividades propostas pela MCC com as antigas.

Quadro 2.19 - Planilha de Comparação de Tarefas

MCC	**Planilha de comparação das tarefas**				
	SISTEMA *(Cabeçalho da Planilha))*	**Sistema N º**	**Equipe:**	**Data**	**Folha Nº**
	SUBSISTEMA:	**Subsistema N º**	**Analista:**	**Data**	**de**

Item Físico e Modo de Falha	Descrição da Tarefa baseada na MCC	Freqüência	Descrição da Tarefa Corrente	Freqüência
(Campo destinado àidentificação do item físico e modo de falha))	*(Campo destinado à descrição das tarefas propostas pela MCC)*	*(Campo destinado à identificação da freqüência da tarefa proposta)*	*(Campo destinado à descrição das tarefas propostas pela MCC)*	*(Campo destinado à identificação da freqüência da tarefa corrente)*

Fonte: Smith, 1993 p. 99

O preenchimento dessa planilha pode deter-se para aquelas tarefas cujos modos de falha são previstos no programa corrente e o proposto pela MCC. Porém, pode-se listar tarefas selecionadas pelo processo MCC sem a sua respectiva tarefa corrente, caso ela não exista. Dessa forma, quando o Quadro 2.19 estiver completo, ele permitirá quatro diferentes comparações: (*i*) comparar tarefas selecionadas pela MCC e as correntes que são idênticas; (*ii*) comparar tarefas existentes, mas que poderiam ser modificadas, vindo ao encontro daquelas propostas pela MCC; (*iii*) verificar as tarefas selecionadas pela MCC quando, não há tarefas correntes; (*iv*) verificar as tarefas correntes, quando nenhuma tarefa foi selecionada pela MCC.

3 METODOLOGIA PROPOSTA PARA IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE

Conforme descritos no Capítulo 2, os objetivos da MCC podem ser assim resumidos: (*i*) preservar as funções do sistema; (*ii*) identificar os modos de falha que comprometem as funções do sistema; (*iii*) priorizar funções; (*iv*) selecionar tarefas de manutenção aplicáveis e efetivas; e (*v*) elevar quantitativamente e qualitativamente a confiabilidade do sistema.

Para atender a tais objetivos, procura-se em nível de sistema ou subsistema, determinar as funções, falhas funcionais, modos de falha, causa e efeito da falha e as estratégias de manutenção, para preservar as funções dos sistemas. Para tanto, a utilização da MCC exige, inicialmente, uma apresentação dos produtos e do processo utilizado pela empresa, visando à identificação dos procedimentos por ela utilizados quanto à gestão e às práticas da produção e manutenção adotadas. É essencial o entendimento dos fluxos de produção que compõem o sistema onde o trabalho será realizado. A caracterização dos itens físicos e dos sistemas ou subsistemas funcionais em que esses estão inseridos deve ser realizada para que a equipe que trabalhe na implementação tenha completo domínio de como e o que fazer.

Levando em consideração as questões acima, a implementação da MCC em uma planta de produção é realizada seguindo as seguintes etapas: (*i*) preparação do estudo (*ii*) seleção do sistema e subsistema funcional; (*iii*) análise das funções e falhas funcionais; (*iv*) seleção dos itens críticos do sistema; (*v*) análise dos modos de falhas e seus efeitos (*vi*) seleção das tarefas de manutenção preventiva; (*vii*) determinação do plano de manutenção; e (*viii*) comparação entre o plano de manutenção atual e o proposto pela MCC.

A Figura 3.1 traz as etapas da metodologia proposta; na seqüência, são descritos os procedimentos utilizados para a realização de cada etapa.

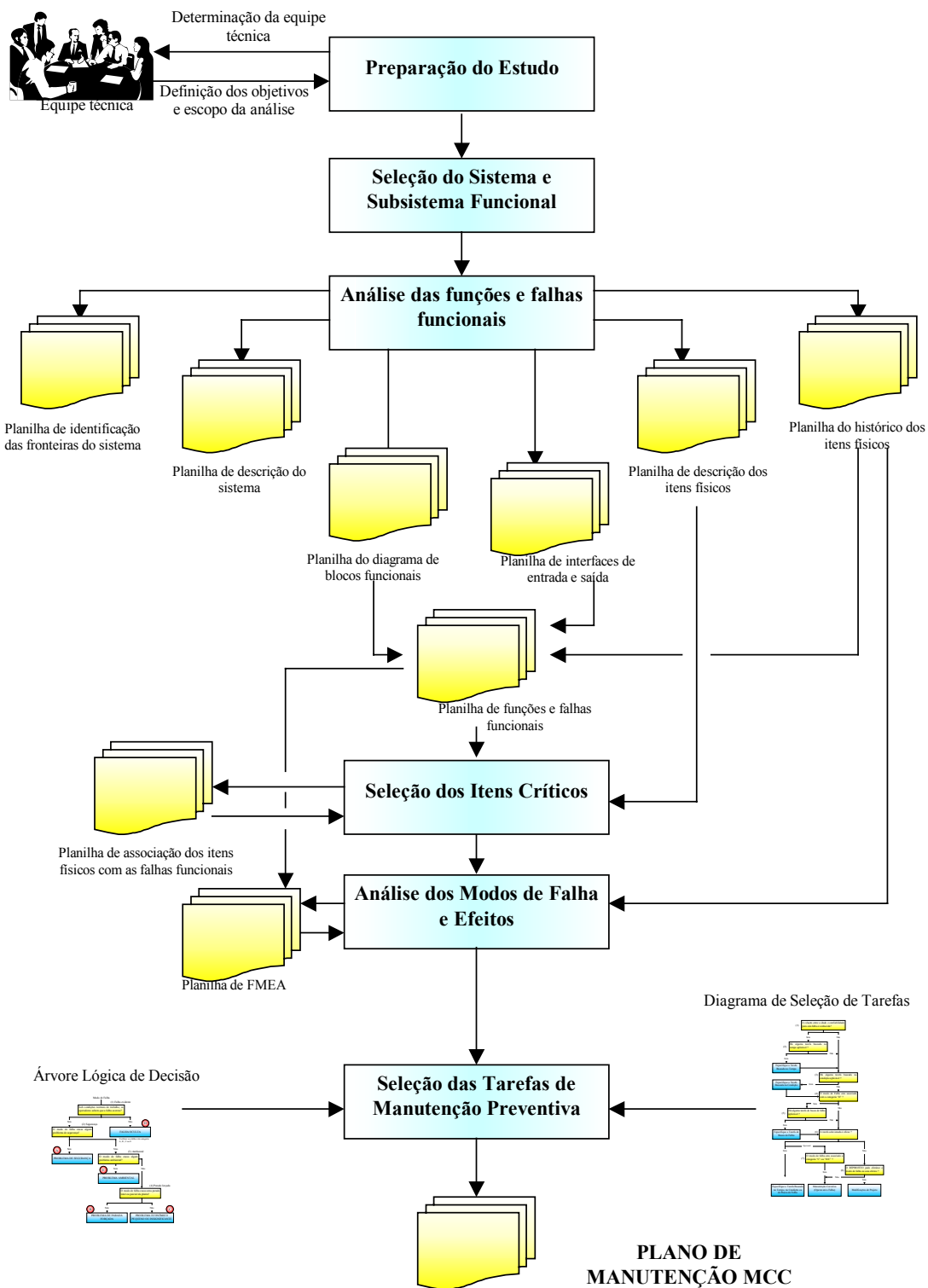



Figura 3.1 - Etapas de implementação da metodologia proposta

3.1 PROCEDIMENTO PARA A PREPARAÇÃO DO ESTUDO

Primeiramente, deve-se constituir a equipe de profissionais que trabalhará na implementação da MCC. Essa equipe deve ser formada pelo gerente e pelo chefe de produção da fábrica onde o estudo de caso será realizado, pelo supervisor de manutenção e pelos mecânicos com experiência no funcionamento e manutenção dos itens físicos da área. Além desses, há a necessidade de mais dois participantes: um técnico do setor de projetos e outro do setor de planejamento e controle de manutenção. Um analista com conhecimento na metodologia da MCC deverá guiar a equipe durante o processo.

As reuniões de grupo serão coordenadas pelo analista e os assuntos tratados serão debatidos por todos os integrantes da equipe. Os assuntos discutidos serão avaliados por todos e as propostas e soluções de consenso serão levadas às planilhas da MCC. A seguir, a equipe deverá avaliar quais as conseqüências a serem consideradas no estudo, bem como as áreas de cobertura a serem analisadas durante a implementação. A avaliação deve seguir as recomendações propostas no item 2.9.1.

3.2 PROCEDIMENTO PARA A SELEÇÃO DO SISTEMA E SUBSISTEMA FUNCIONAL

O grupo irá, inicialmente nessa etapa, estudar e compreender o fluxo produtivo, a fim de determinar a melhor configuração funcional da fábrica. O objetivo dessa etapa é definir os sistemas e subsistemas funcionais que melhor caracterizam o processo produtivo.

O trabalho deverá ser conduzido, utilizando-se fluxogramas e, também, o conhecimento da equipe sobre o processo. Para melhor conduzir esse trabalho, sugere-se que sejam elaborados os diagramas de blocos funcionais dos diversos sistemas funcionais. A identificação dos sistemas e subsistemas permitirá que os itens físicos sejam alocados em seus respectivos subsistemas funcionais. Cada subsistema funcional representa uma alternativa a ser estudada, para início da implementação da MCC.

A equipe deverá direcionar os trabalhos futuros no subsistema que apresenta elevado risco de parada parcial ou total do processo. Para definir tal subsistema, deverão ser analisados os manuais de manutenção preventiva do setor, de forma a identificar os itens físicos com índice de criticidade A e, então, identificar o subsistema no qual esses itens encontram-se alocados.

A equipe deverá também definir qual o nível mais significativo e eficiente para a análise da MCC, seguindo orientações sugeridas no item 2.9.2.

3.3 PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DAS FUNÇÕES E FALHAS FUNCIONAIS

Nessa etapa, serão analisadas as funções e as respectivas falhas funcionais do subsistema a ser inicialmente abordado na implantação da MCC. A equipe irá discriminar as funções do subsistema funcional, pois isso caracteriza a essência da MCC. Função é entendida como aquilo para que o sistema ou subsistema foi projetado. A descrição das funções deve ser concisa e clara, fazendo o uso de um verbo para descrever a ação. Será conveniente associar sempre um padrão de desempenho às funções. As falhas funcionais são entendidas como a incapacidade do item físico em realizar aquilo que lhe foi proposto. Para a melhor condução do trabalho, este deverá ser feito, seguindo as fases especificadas nos parágrafos subseqüentes.

A análise das funções e falhas funcionais deve iniciar com o preenchimento da planilha de identificação das fronteiras do sistema, ilustrada no Quadro 2.9. A fonte de dados para o preenchimento dessa planilha deverá ser os fluxogramas do processo e informações de operação do sistema. A equipe deverá verificar quais os itens físicos que fazem parte do sistema e como ocorrem os fluxos de produtos entre eles.

Procede-se, em seguida, o preenchimento da planilha de descrição do sistema, ilustrada no Quadro 2.10. Para um melhor entendimento do processo, essa planilha deverá ser preenchida para cada subsistema funcional a ser abordado na implantação do MCC. Nessas planilhas, são indicadas as funções do sistema e seus padrões de desempenho. A constatação de itens físicos redundantes, dispositivos de proteção e instrumentação e controle nos subsistemas deverá ser indicada nos respectivos campos da planilha.

Após a definição das funções e a descrição do sistema, elaboram-se os diagramas de blocos funcionais, que definem o fluxo funcional do sistema e subsistema de produção. Nessa etapa, serão esboçadas várias configurações e cabe à equipe definir aquela que melhor caracteriza o subsistema funcional.

Os diagramas de blocos funcionais devem ser elaborados de forma a mostrar como as diferentes partes do subsistema se interagem, facilitando o entendimento do sistema. Esses

diagramas devem ser elaborados de modo a facilitar a análise dos subsistemas, permitindo uma melhor visualização do problema. A configuração mais adequada do diagrama de blocos funcional deverá ser desenvolvida em planilha própria, tal como aquela descrita no Quadro 2.11.

Após a definição dos diagramas de blocos funcionais, as interfaces de entrada, de saída e internas são transcritas na planilha de interfaces de entrada e saída, descrita no Quadro 2.12. O agrupamento dessas informações permite ampliar o banco de dados sobre as informações do sistema.

Para facilitar a associação das falhas funcionais com os respectivos itens físicos, faz-se necessário listar todos os itens físicos e a instrumentação instalada em cada um dos subsistemas funcionais. Essa identificação também requer a descrição das características técnicas e do local de instalação do item.

Com informações provenientes das fichas de inspeção dos itens físicos, elaboradas semanalmente pelos inspetores da empresa, pode-se preencher a planilha de identificação do histórico dos itens físicos do subsistema. Essa planilha considera o item físico com os modos de falha e suas respectivas causas ocorridas nos últimos dois anos.

Com base nas informações obtidas e transcritas nas planilhas anteriormente elaboradas, pode-se preencher a planilha de funções e falhas funcionais para cada subsistema funcional. Nessa planilha, deve-se destacar as funções principais e as secundárias encontradas e as suas respectivas falhas funcionais. A planilha deverá ser elaborada seguindo o modelo apresentado no Quadro 2.15 e as recomendações abordadas no capítulo 2 deste trabalho.

3.4 PROCEDIMENTO PARA SELEÇÃO DOS ITENS CRÍTICOS DOS SUBSISTEMAS

Os itens críticos são aqueles associados às funções críticas do sistema ou subsistemas. O procedimento para determinação dos itens críticos dos subsistemas inicia com a elaboração de uma planilha que correlaciona a falha funcional com os itens físicos. Nessa planilha, associa-se a cada uma das falhas funcionais, os itens físicos e a instrumentação e controle que podem contribuir para a ocorrência da falha. Para a implementação, pode-se utilizar uma planilha semelhante àquela descrita no Quadro 2.16.

Nesse momento, a equipe deverá atribuir para cada item físico o grau de dificuldade em realizar a sua manutenção, observando a existência ou não de peças sobressalentes e necessidade de pessoal qualificado para a realização da manutenção. Em seguida, todas as falhas funcionais deverão ser avaliadas em termos de suas conseqüências na segurança humana, segurança ambiental e conseqüências econômicas e operacionais; na linha destinada à identificação das conseqüências na segurança humana, deverá ser atribuído um sim (s), caso a falha funcional apresente conseqüências na segurança humana, e um não (n) em caso contrário; na linha destinada à identificação das conseqüências na segurança ambiental, deverá ser atribuído um sim (s), caso a falha funcional apresente conseqüências na segurança ambiental, e um não (n) em caso contrário; na linha destinada à avaliação das conseqüências econômicas e operacionais, deverá ser atribuído um índice que varia de 1 (nenhuma correlação) até 5 (forte correlação), visando identificar o grau de correlação de cada falha funcional com as conseqüências econômicas e operacionais. Por fim, a equipe deverá identificar o grau de correlação $G_{Ci,j}$ dos itens físicos com cada falha funcional e calcular o índice de criticidade econômica – $I_{CE\ i}$. Os itens físicos que apresentarem os maiores índices de criticidade econômica e aqueles que estiverem relacionados, em qualquer grau de correlação, às falhas funcionais com conseqüências para a segurança humana e ambiental deverão ser priorizados e considerados itens físicos críticos do subsistema.

Após a elaboração da planilha, tem-se um mapa completo do sistema. Essa é a primeira vez no processo de implementação da MCC que se relacionam as falhas aos itens físicos e aos itens de instrumentação e controle. Caso algum item físico não esteja associado a alguma falha funcional, possivelmente, não terá nenhuma função para o sistema e poderá, nessa etapa, ser descartado da análise do sistema.

3.5 PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DE MODOS E EFEITOS DE FALHA

O objetivo dessa etapa é identificar os modos de falha e os efeitos da falha. Essa etapa é feita utilizando-se a ferramenta FMEA – Análise de Modos e Efeitos de Falha. Para a realização dessa etapa, as fontes onde a equipe poderá recorrer são: o histórico dos itens físicos, as fichas de inspeção dos itens físicos e o conhecimento tácito do supervisor, operadores e mecânicos.

A análise do FMEA será realizada para todas as falhas funcionais definidas anteriormente. Utiliza-se uma planilha semelhante à ilustrada no Quadro 2.17. Nela, as falhas funcionais são

associadas às respectivas funções e aos itens físicos que podem provocar a referida falha funcional. Na planilha, na coluna ao lado do item físico, são listados todos os modos de falha, que induzem à falha funcional, e às respectivas causas da falha e seus efeitos onde estes são tratados em nível local e de sistema. A última coluna da planilha de FMEA permite identificar aqueles modos de falha que serão beneficiados pelo plano de manutenção preventiva. Se nessa coluna for atribuído um "sim", isso implica que esse modo de falha será analisado na etapa seguinte, para determinação das tarefas de manutenção preventiva. Caso um "não" seja atribuído a essa coluna, o modo de falha será tratado corretivamente, através de uma tarefa de operar até a falha.

3.6 PROCEDIMENTO PARA SELEÇÃO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

O objetivo dessa etapa é selecionar as tarefas de manutenção preventiva aplicáveis aos modos de falha definidos na etapa anterior. Para isso, utiliza-se uma planilha semelhante àquela ilustrada no Quadro 2.18 que consiste na descrição da falha funcional e os seus respectivos modos de falha, e a tarefa de manutenção preventiva definida.

As ferramentas básicas para o desenvolvimento dessa etapa são a Árvore Lógica de Decisão e o Diagrama de Seleção de Tarefas, que irão permitir de forma lógica e estruturada atingir o objetivo da MCC, qual seja, a definição das tarefas de manutenção.

As respostas das perguntas associadas a Árvore Lógica de Decisão (Figura 2.13) e ao Diagrama de Seleção de Tarefas (Figura 2.14) são indicadas na planilha de seleção de tarefas (Quadro 2.18) com um "sim" ou um "não".

3.7 PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO

Uma das últimas etapas para finalização da MCC é elaborar o plano de manutenção. Para tanto, deve-se associar a cada item físico as tarefas de manutenção definidas para cada modo de falha em particular definidos na etapa anterior. O plano contempla ainda a freqüência de realização das tarefas.

A última etapa da MCC é comparar o plano de manutenção elaborado, com o plano atualmente utilizado pela empresa onde a implantação está sendo realizada. A comparação entre as tarefas é realizada utilizando-se a planilha ilustrada no Quadro 2.19. O preenchimento

dessa planilha deverá compreender todas as tarefas cujos modos de falha estão previstos no programa corrente e no proposto pela MCC, bem como aquelas que não estejam contempladas no plano corrente.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 INTRODUÇÃO

A implementação da metodologia da MCC, conforme descrita no Capítulo 3, foi realizada na empresa Celulose Irani S.A., localizada no Oeste de Santa Catarina, cujo principal produto é o papel Kraft, destinado à produção de sacos e chapas para caixas. A maior parte da produção de papel é destinada ao mercado interno, estando a exportação em torno de 15%. A empresa possui reflorestamentos próprios, para suprimento da maior parte da matéria-prima consumida.

Em seu parque fabril, a empresa produz celulose fibra longa para o próprio consumo, em três digestores *batch*. A empresa possui também uma unidade de produção de pasta químico-mecânica, auxiliando no suprimento de matérias-primas para a produção de certos tipos de papéis. Como complemento da demanda necessária de fibras, são adquiridas aparas que, após processadas, são usadas no *mix* da receita de alguns papéis. Os papéis são produzidos em quatro máquinas distintas, com gramaturas variando de 35 a 200 g/m^2. As máquinas recebem uma numeração 1, 2, 4 e 5 (a máquina de número 3 foi sucateada e não faz mais parte do processo de produção).

4.1.1 O Sistema de Gerenciamento da Manutenção da Empresa

A empresa adota o sistema centralizado de gerenciamento da manutenção, mantendo sob um único comando todas as áreas da manutenção. O setor de manutenção está subordinado à direção da fábrica, permitindo que a própria direção estabeleça as metas de produção, consultando a manutenção quanto à capacidade das máquinas e seu estado. A estrutura da manutenção, ilustrada na Figura 4.1, é organizada de modo a permitir um fluxo adequado de informações entre as suas diversas áreas.

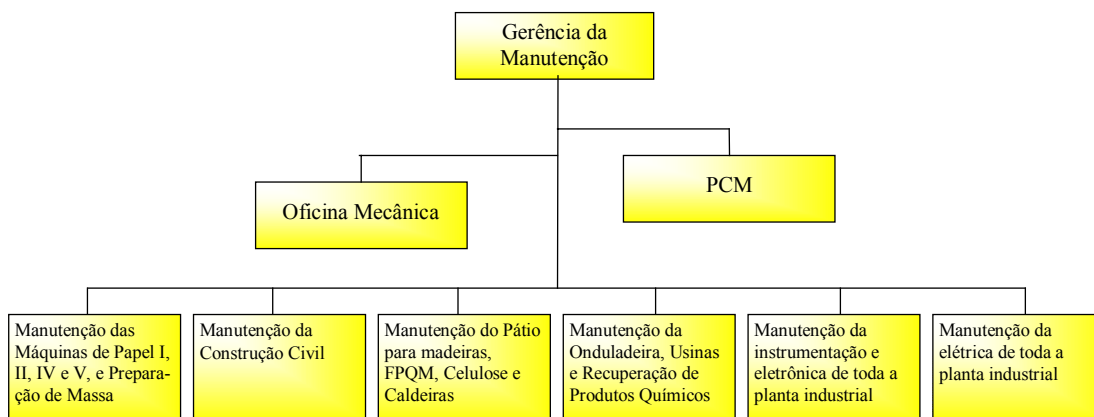



Figura 4.1 - Estrutura organizacional da manutenção na empresa

Em cada uma das áreas de manutenção da empresa, ilustradas na Figura 4.1, há um chefe de área subordinado diretamente ao gerente da manutenção. Abaixo da hierarquia funcional do chefe de área, encontram-se o supervisor, o mecânico e o auxiliar de mecânico, respectivamente. Há também o inspetor de manutenção e o lubrificador. Há uma área vinculada diretamente à gerência da manutenção, responsável pelo Planejamento e Controle da Manutenção – PCM. Nesse setor, as informações para orientar tomadas de decisões quanto à manutenção dos equipamentos é realizada através de controle computacional. Esse sistema permite rápida obtenção de informações, e a alimentação do sistema é feita a partir das planilhas preenchidas pelos inspetores, mecânicos e supervisores. Há na empresa impressos tais como requisição de serviços, cartão de serviço e outros, para fornecer o suporte necessário ao desenvolvimento das atividades de planejamento, programação e controle da manutenção. Outro setor importante para a manutenção é a oficina mecânica, onde são feitas as reformas e reparos impossíveis de serem feitos no campo, e a fabricação de peças.

O gerenciamento da manutenção preventiva é executado através do cumprimento dos seguintes programas: (*i*) programa de lubrificação; (*ii*) programa de inspeção de equipamentos; (*iii*) controle de pendências de manutenção; (*iv*) cronograma de paradas; (*v*) programação semanal da manutenção; (*vi*) apontamentos de mão-de-obra; e (*vii*) controle e gerenciamento de informações da manutenção.

A lubrificação consiste das seguintes etapas: (*i*) preparação da ficha de controle de lubrificação; (*ii*) execução da lubrificação diária; (*iii*) listagem dos equipamentos lubrificados,

estados ou necessidades de manutenção detectados durante a lubrificação; e (*iv*) repasse das informações ao programador de manutenção, para atualizar o programa gerenciador de dados.

A inspeção de equipamentos consiste em verificações semanais feitas *in loco* pelo mecânico e inspetor, com o uso de instrumental adequado ou por meio de contato manual ou visual, analisando princípios de avarias, vazamentos, freqüência de desgaste de engrenagens, correias e outros elementos dos equipamentos. O resultado da inspeção é transcrito para a planilha de *Check List*, sendo que cada área possui o seu formulário.

As informações obtidas das planilhas de inspeção, bem como dos relatórios e serviços de programação semanal e pendências de manutenção, alimentam o sistema de controle de pendências de manutenção, a serem executadas em uma parada programada. O controle e execução dos serviços listados na ficha de controle de pendências de manutenção é realizado através da verificação dos cartões de serviço de parada. Após a parada, é elaborado o relatório de pós-parada, informando os trabalhos executados e a permanência de pendências através dos cartões de serviço de parada.

A programação semanal da manutenção é realizada em reunião constituída pelo gerente de manutenção, gerente de produção, representante da manutenção, representante da produção e programador da manutenção. Nessa reunião, o grupo gera uma lista de atividades a serem executadas no programa semanal e distribui as atividades por equipe de trabalho.

Para controle dos serviços realizados diariamente, são utilizadas as planilhas de apontamentos de mão-de-obra. Todos os serviços realizados pela manutenção são registrados nessas planilhas, permitindo a obtenção de informações referentes ao custo da mão-de-obra, controle de atividades, manutenção corretiva e preventiva. Todas as informações são transferidas ao programa de controle e gerenciamento dos dados de manutenção.

Para o gerenciamento da manutenção, a empresa adota um critério específico para definir a criticidade dos itens físicos descritos a seguir.

- **Item físico com índice de criticidade A:** aqueles cuja falta ou mau funcionamento impacta a qualidade ou interrompe o processo de produção. O item físico não possui reserva e deve ter prioridade de manutenção.

- **Item físico com índice de criticidade B:** aquele cuja falta ou mau funcionamento interfere no processo de produção, mas não pára o processo e não interfere na qualidade do produto final.

- **Equipamento com índice de criticidade C:** aquele cuja falta ou mau funcionamento não interfere na qualidade e não ocasiona a parada do processo. O equipamento possui reserva.

Os itens físicos com índice de criticidade A possuem prioridade de manutenção com relação aos itens físicos com índice de criticidade B e estes, por sua vez, têm prioridade de manutenção com relação aos equipamentos com índice de criticidade C.

4.1.2 Descrição do Processo de Produção de Pasta Químico-mecânica da Empresa

A madeira sofre o primeiro processamento no pátio para madeira. Antes de ser cortada em toretes, ela passa por um descascador rotativo (onde a casca é removida) e é estocada por um determinado período, para perder umidade. Na fábrica de pasta químico-mecânica, os toretes são cozidos em três digestores horizontais, utilizando uma solução chamada de licor de cozimento, que circula através de um trocador de calor até atingir a temperatura de cozimento (165 ^{o}C). O condensado proveniente do trocador de calor retorna para as caldeiras. Ao término do ciclo de cozimento, o licor é transferido para o tanque pressurizado de licor recuperado, onde permanece até iniciar um novo ciclo. A pressão interna do digestor é aliviada e toda a carga de toretes é descarregada próxima aos desfibradores.

A madeira cozida é desfibrada em desfibradores de pedra com três bolsas, produzindo diretamente a polpa celulósica. O torete é pressionado contra um rebolo abrasivo e as fibras da madeira são separadas, combinando o cisalhamento e pulsações cíclicas que ocorrem na zona de desfibramento. O processo é praticamente contínuo, pois enquanto a madeira contida em duas das três bolsas está sendo desfibrada, carrega-se com madeira a terceira bolsa. Após o processo de desfibramento, a polpa passa por um peneiramento em duas etapas: (*i*) depuração primária, destinada a remover feixes de fibras longas, cavacos, cascas, palitos e outros rejeitos da polpa com tamanhos superiores a 10 mm; e (*ii*) depuração secundária, para separar as fibras com tamanho superior a 0,76 mm.

A depuração primária é realizada com o emprego de peneiras planas inclinadas que contêm orifícios. Sobre a peneira, há um mecanismo excêntrico que produz o movimento vibratório. A vibração tem por objetivo desfazer o colchão de polpa e evitar o entupimento dos orifícios da peneira. A depuração secundária é realizada com a utilização de depurador pressurizado que consiste basicamente de uma carcaça, uma cesta circular com perfurações e um conjunto rotativo com hidrofólios. As fibras rejeitadas do depurador pressurizado são encaminhadas ao refinador, o qual é constituído basicamente de um disco estacionário e um rotativo que apresentam movimentos relativos entre si. O grau de refinação é regulado principalmente pela distância entre os discos, cujo acionamento é realizado eletro-mecanicamente. A polpa refinada é conduzida ao tanque de armazenamento, onde é misturada com as demais fibras e, então, reencaminhada à depuração pressurizada.

Após a depuração, a polpa boa é conduzida ao engrossador, também denominado *Side Hill*, formado por uma estrutura de metal, na qual é colocada uma tela com inclinação de 50^{o} em relação à horizontal. A polpa entra por cima e é lançada sobre a tela, separando a água das fibras. As fibras deslizam até uma caixa retangular, colocada no fim da tela, escoando até um reservatório de polpa. A água recuperada é armazenada em um reservatório e, após, reencaminhada ao processo. No interior do tanque de polpa engrossada, há um misturador que agita a polpa, mantendo-a homogênea. Uma bomba transfere a polpa engrossada para o tanque da fábrica de papel. Um sensor mede a consistência da polpa e através de um controlador compara-a com o valor de referência e envia sinais a um atuador para que a consistência da polpa seja regulada por meio de diluição.

O processo produtivo da FPQM conta com cento e três itens físicos mecânicos; dentre os quais, pode-se destacar como principais as bombas, os tanques, o trocador de calor, os digestores, os motores elétricos, os desfibradores, o refinador, o depurador, as válvulas, as tubulações e os redutores.

Atualmente são produzidos sessenta toneladas por dia de pasta químico-mecânica o que corresponde a uma produção mensal de cerca de mil e oitocentas toneladas por mês. Para garantir essa produção, a fábrica conta com cinqüenta e um funcionários, e as atividades são realizadas em três turnos, de segunda-feira a domingo, com uma parada das 18h 30 às 21h 30 de segunda a sexta-feira.

4.2 IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE

Para a implementação da metodologia da Manutenção Centrada em Confiabilidade na Fábrica de Pasta Químico/mecânica da Indústria Celulose Irani S.A., foram seguidas as etapas previstas no Capítulo 3 deste trabalho. Os resultados da implementação encontram-se descritos na seqüência.

4.2.1 Preparação do Estudo

Para iniciar o estudo, foi constituída uma equipe de profissionais da área de manutenção, com experiência no funcionamento e manutenção dos itens físicos, componentes e acessórios nos quais foi realizado o estudo. Para a realização desse projeto piloto, a equipe de implementação definiu como conseqüências mais importantes a serem avaliadas no processo aquelas associadas à segurança humana, operacional e econômica.

4.2.2 Seleção do Sistema do Objeto de Estudo

O processo de estudo para a implantação da MCC na Fábrica de Pasta Químico-mecânica iniciou com a estruturação funcional da fábrica em sistemas e subsistemas, de modo a permitir um melhor entendimento daquilo que será analisado. A fábrica foi dividida em três sistemas funcionais, seguindo recomendações sugeridas por Smith (1993) e citadas no Capítulo 2. A Figura 4.2 apresenta os sistemas funcionais selecionados. Os nomes propostos para cada sistema e subsistema foram definidos de forma a não caracterizar um item físico em específico. Dessa forma, o trabalho posterior fica facilitado, principalmente, no que tange à definição das funções dos subsistemas. Cada sistema apresenta um agrupamento de subsistemas funcionais associados às suas respectivas funções principais. Assim, baseado nessa premissa, dividiu-se os sistemas em subsistemas funcionais, também apresentados na Figura 4.2. Cabe enfatizar que a definição dos subsistemas foi uma atividade iterativa, em que várias configurações foram propostas até que se chegasse a mais apropriada.

Para implementar a metodologia da Manutenção Centrada em Confiabilidade, foi escolhido o subsistema de depuração da fábrica de pasta químico-mecânica. A iniciativa de implementar a metodologia nesse setor da fábrica deveu-se: (*i*) ao fato de que a parada de produção desse setor compromete a produção de pasta químico-mecânica para a celulose; (*ii*)

a diminuição da produção de pasta químico-mecânica eleva os custos de produção do papel; e (*iii*) o subsistema apresenta itens físicos com índice de criticidade A. Além disso, o subsistema de depuração, por apresentar um razoável número de itens físicos, constitui-se num ótimo subsistema piloto para o exercício e aprimoramento da aplicação da metodologia da Manutenção Centrada em Confiabilidade.

Figura 4.2 – Sistemas funcionais da Fábrica de Pasta Químico-mecânica

Para analisar em específico o subsistema de depuração, definiram-se, inicialmente, as características do sistema de preparação de polpa. Esse sistema é composto por itens mecânicos, elétricos e eletrônicos, bem como itens de instrumentação e controle, conforme apresentados esquematicamente no **Anexo 1**. Os principais itens físicos que compõem esse sistema são os classificadores vibratórios, o refinador pilão, o depurador, bombas, misturadores, tanques de armazenamento, válvulas de controle de passagem, de bloqueio, moto-redutores, engrossadores, tubulações e acessórios. Devido ao sistema apresentar diversos itens físicos, componentes e acessórios, a presente aplicação piloto limitou-se aos itens físicos mecânicos do subsistema de depuração.

4.2.3 Análise das Funções e Falhas Funcionais

A análise das funções e falhas funcionais é a essência da MCC. Para a realização dessa etapa, utilizou-se, inicialmente, a planilha de identificação das fronteiras do sistema (Quadro 4.1 e Anexo 2), a qual foi preenchida com a relação dos principais itens físicos do sistema, a

saber: bombas, motores elétricos, depurador, refinador, além de tanques de armazenamento, válvulas, tubulações e acessórios. Nessa etapa foi possível avaliar os principais itens físicos e as fronteiras físicas do sistema, de modo a iniciar a construção de uma base de dados sólida para a implementação da MCC. Em seguida, preencheu-se a planilha de descrição do sistema (Quadro 4.2 e Anexo 3), permitindo identificar um conjunto de informações referentes às funções e aos parâmetros, às redundâncias, aos dispositivos de proteção e à instrumentação e ao controle do sistema de preparação da polpa.

Quadro 4.1 - Planilha de identificação das fronteiras do sistema de preparação de polpa da FPQM

MCC	Planilha de identificação das fronteiras do sistema				
	SISTEMA	Sistema no	Equipe:		Folha Nº
	PREPARAÇÃO DA POLPA	FPQM-03	Analista:	Data:	

1 - Principais itens físicos:
Bombas de polpa, tubulações de polpa, válvulas e acessórios, bombas de água, tubulações de água, válvulas e acessórios, tanques de água e de polpa, classificadores vibratórios, depurador, refinador, motores elétricos, moto-redutores

2 - Fronteiras físicas do sistema:

Inicia com:

A polpa proveniente dos desfibradores é encaminhada aos classificadores vibratórios onde são rejeitadas partículas maiores que 10 mm de comprimento.
Água proveniente do T-600-08 é injetada no classificador vibratório para auxiliar na depuração primária.
O rejeito é conduzido manualmente por um operador a um container que posteriormente será encaminhado a um depósito de estocagem.
A polpa aceita no classificador vibratório é encaminhada via uma canaleta no piso da fábrica ao tanque de polpa T-600-07 na qual permanece armazenada temporariamente.
A bomba M06 transfere a polpa do tanque T-600-07 para o depurador pressurizado.
O depurador permite a passagem de polpa para o *Side Hill*.
A polpa com partículas maiores que 1,76 mm são encaminhadas ao refinador pilão para serem refinadas.
A polpa que sai do refinador pilão é encaminhada ao tanque T-600-07.
Energia elétrica é fornecida aos motores elétricos das bombas.
Um moto redutor regula a abertura e o fechamento do pilão do refinador.
O *Side Hill* ou engrossador retira parte da água da polpa, aumentando a sua consistência.
A polpa com a consistência desejada é armazenada no tanque T-600-09.
A água retirada da polpa é armazenada no tanque T-600-08.
Um agitador instalado no interior do tanque T-600-09 mantém a polpa homogênea.

Termina com:

A polpa com a consistência desejada é bombeada para o tanque de armazenagem TQ 05 situado na fábrica de papel.
A água *Side Hill* é armazenda no tanque T-600-08 a qual é posteriormente encaminhada aos sistemas da fábrica.

3 - Considerações necessárias:

Há uma entrada de água limpa que mantém o tanque T-600-08 sempre com o nível cheio.
A bomba M12 fonece água para resfriar e lubrificar as gaxetas.
O tanque TQ-05 situa-se na fábrica de papel e é controlado pela fábrica de pasta químico-mecânica.
O volume do tanque TQ-05 permite manter a fábrica de papel funcionando por aproximadamente 4 horas.
O nível de preparação de polpa é definido a partir do consumo de pasta na fábrica de papel.
Quando o nível do tanque TQ-600-07 estiver alto ou tanque cheio, soa um alarme e os operadores dos desfibradores diminuem a produção ou param completamente.
O tanque TQ-600-07 funciona como um pulmão para manter o nível de produção constante.

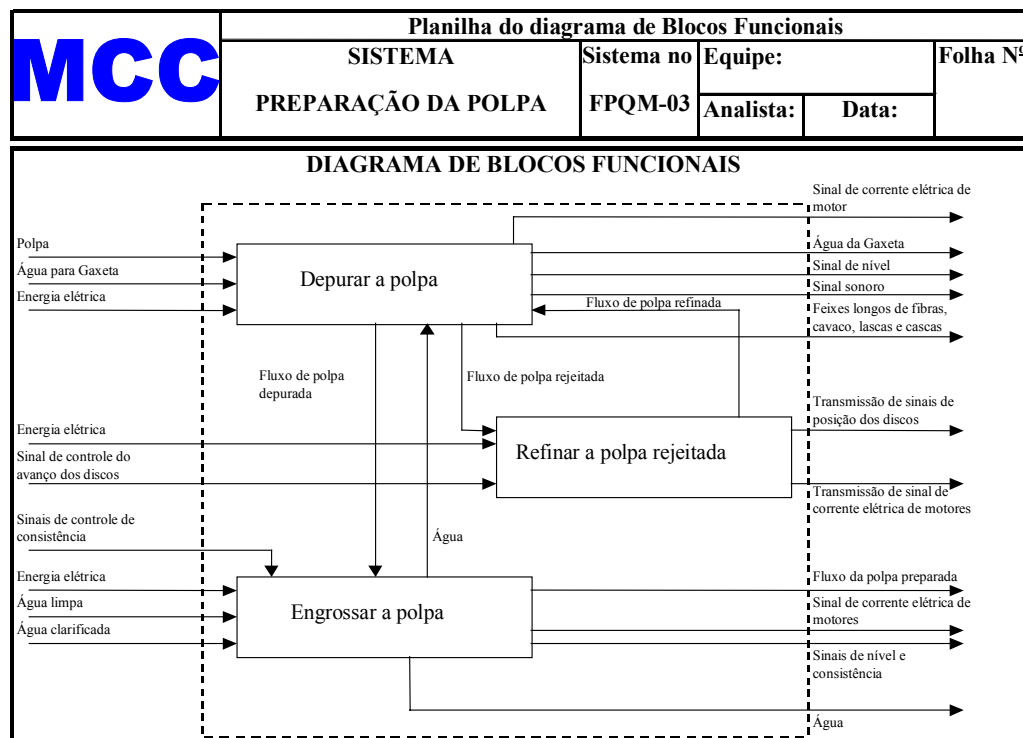
O próximo passo para a identificação das funções e falhas funcionais foi a elaboração do diagrama de blocos funcionais. O grupo de análise iniciou elaborando diagramas semelhantes aos indicados na literatura técnica e, à medida que estes se mostravam inadequados, foram substituídos por outros que retratassem melhor a realidade do sistema em estudo; o resultado final vem apresentado no Quadro 4.3. Na definição dos subsistemas, cuidou-se para que o nome de nenhum item físico aparecesse no diagrama. A equipe observou o funcionamento do sistema e definiu, através das linhas de interligação entre os blocos, as interações entre subsistemas. O diagrama de blocos funcional do sistema de preparação da polpa também é ilustrado na planilha própria da MCC no Anexo 4.

Quadro 4.2 – Planilha de descrição do sistema de preparação de polpa

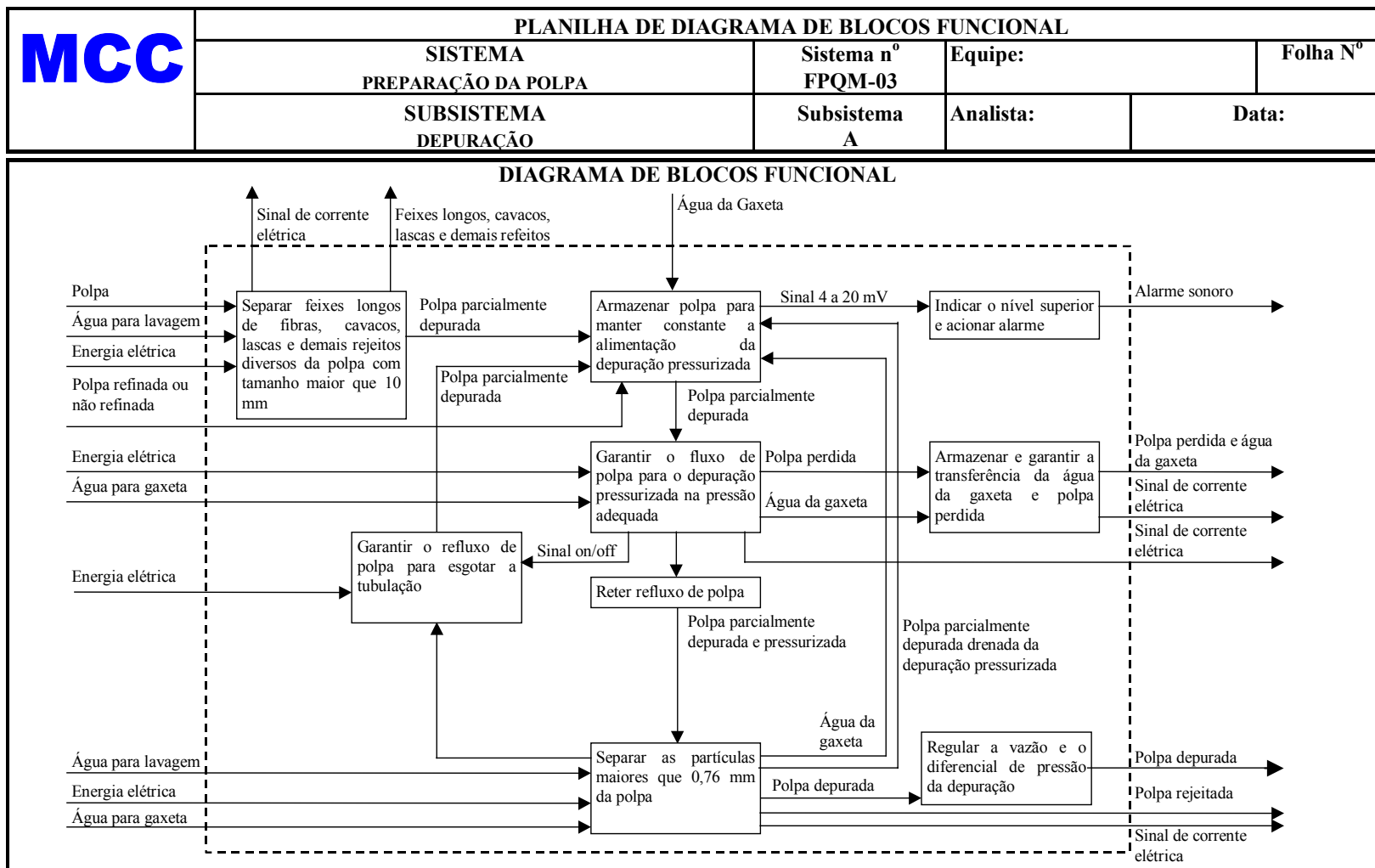
MCC	Planilha de descrição do sistema				
	SISTEMA	**Sistema no**	**Equipe:**		**Folha Nº**
	PREPARAÇÃO DA POLPA	**FPQM-03**	**Analista:**	**Data:**	

1 - Funções e seus parâmetros
Separar cavacos longos e fibras com dimensão superior a 10 mm da polpa; garantir fluxo de polpa parcialmente depurada para o depurador; reter refluxo; armazenar polpa parcialmente depurada; depurar fibras com dimensão superior a 0,76 mm; garantir fluxo de polpa nas diversas etapas do processo; permitir a limpeza do depurador pressurizado; indicar o nível dos diversos tanques de armazenamento do sistema; indicar a intensidade da corrente elétrica dos diversos motores do sistema; indicar a pressão de operação de diversos pontos do sistema; refinar partículas rejeitadas do depurador; regular fluxo e pressão no refinador; engrossar a polpa até atingir a consistência de 4,5; armazenar água recuperada; armazenar polpa engrossada; manter homogênea a mistura de polpa engrossada no tanque de armazenamento; transferir água recuperada para os diversos pontos de consumo da fábrica; controlar a consistência da polpa que é encaminhada a fábrica de papel em 3,5; transferir a polpa preparada para fábrica de papel.
2 - Redundâncias
(Não há)
3 - Dispositivos de proteção
Dispositivo de proteção de sobrecarga dos motores.
4 - Instrumentação e controle
Indicador de nível dos tanques. Indicador de corrente elétrica dos motores.

Para implementar a metodologia da Manutenção Centrada em Confiabilidade, foi escolhido o subsistema de depuração da fábrica de pasta químico-mecânica. A iniciativa de implementar a metodologia nesse setor da fábrica deveu-se: (*i*) ao fato de que a parada de produção desse setor compromete a produção de pasta químico-mecânica para a celulose; (*ii*) a diminuição da produção de pasta químico-mecânica eleva os custos de produção do papel; e (*iii*) o subsistema apresenta itens físicos com índice de criticidade A. Além disso, o subsistema de depuração, por apresentar um razoável número de itens físicos, constitui-se num ótimo subsistema piloto para o exercício e aprimoramento da aplicação da metodologia da Manutenção Centrada em Confiabilidade.

Quadro 4.3 – Planilha de descrição do diagrama de blocos funcionais para o sistema de preparação de polpa

Com base nos diagramas funcionais, foram preenchidas as planilhas de interfaces de entrada e saída para cada subsistema funcional, apresentadas no Anexo 5. A partir dessas planilhas, verifica-se que existem interfaces de entrada e que estas estarão sempre disponíveis, quando necessárias, como é o caso, por exemplo, da energia elétrica, água limpa, água clarificada, água da gaxeta e a polpa. Observa-se que as interfaces internas de saída, como é o caso do fluxo de polpa depurada e o fluxo de polpa refinada, tornam-se importantes na análise, pois a saída que cruza as fronteiras do sistema, como é o caso do fluxo de polpa preparada não pode ocorrer satisfatoriamente sem elas. O Quadro 4.5 ilustra a planilha de interfaces de entrada e saída para o subsistema de depuração.

Na seqüência das atividades, outra etapa importante foi a elaboração da lista de itens físicos e dispositivos de instrumentação e controle do sistema. Os itens físicos foram agrupados conforme suas afinidades funcionais nos subsistemas. Assim, elaboraram-se três planilhas, uma para cada subsistema funcional, apresentadas no Anexo 6. No Quadro 4.6, é apresentada, como exemplo, a primeira página da planilha de descrição dos itens físicos para o subsistema de depuração. A planilha apresenta a descrição dos itens físicos e sua codificação na MCC, quantidade, características técnica e local de instalação.

Quadro 4.4 - Planilha de descrição do diagrama de blocos funcionais para o subsistema de depuração

Quadro 4.5 – Planilha de interfaces de entrada e saída para o subsistema de depuração

MCC	Planilha de interfaces de entrada e saída				
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:		Folha Nº
	SUBSISTEMA DEPURAÇÃO	Subsistema nº A	Analista:	Data:	

1 - Interfaces de entrada Fluxo de polpa não preparada; fluxo de água para gaxetas; energia elétrica; fluxo de polpa refinada ou não refinada; fluxo de água para lavagem; fluxo de água para gaxetas.
2 - Interfaces de saída Fluxo de água da gaxeta; sinais de corrente elétrica dos motores; feixes longos, cavacos, lascas e demais rejeitos da polpa; alarme sonoro de indicação de nível de tanque cheio; fluxo de polpa perdida e água da gaxeta; fluxo de polpa depurada; fluxo de polpa rejeitada.
3 - Interfaces internas de entrada e saída Fluxo de polpa parcialmente depurada; fluxo de polpa perdida; fluxo de polpa depurada; fluxo de polpa parcialmente depurada drenada da depuração pressurizada; sinais *on/off* (liga e desliga) válvula de retorno do refluxo; sinais de 4 a 20 mV para indicação do nível do tanque T-600-06.

Quadro 4.6 – Exemplo da planilha de descrição dos itens físicos do subsistema de depuração

MCC	PLANILHA DE DESCRIÇÃO DOS ITENS FÍSICOS				
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:		Folha Nº
	SUBSISTEMA Depuração	Subsistema nº A	Analista:	Data:	

ITENS FÍSICOS (IF) e INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE (IC)				
Nº	Descrição	Quant.	Características Técnicas	Local de Instalação
IF-01	Conjunto Classificador Vibratório M13 e M14	1	Classificador Vibratório marca Voith, modelo 500 S, rotação de 700 rpm, motor de acionamento WEG modelo 112M, rotação 1450 rpm.	Saída do canal da rosca elevatória
IF-02	Conjunto motobomba M 06	1	Bomba M 06, fabricante KSB, tipo EZK 150/40, potência 75 cv, vazão de 5000 l/min, altura manométrica e 44 m.ca., rotação de 1750 rpm .	Linha de saída do tanque T-600-07, próximo a sua saída
IF-03	Válvula da linha de sucção da bomba M06	1	Válvula do tipo guilhotina, de bloqueio da bomba M06. Normalmente aberta.	Na linha de sucção da bomba M06, próximo a sua entrada.
IF-04	Válvula de retenção da bomba M 06	1	Válvula de retenção da bomba M 06.	Início da linha de recalque da bomba M 06
IF-05	Válvula controladora do refluxo para o tanque T-600-7	1	Válvula de controle do refluxo do tanque T-600-7, TAG 10, acionada por microcontrolador de painel.	Início da linha de refluxo do tanque T-600-7
IF-06	Válvula dos chuveiros do classificador vibratório	3	Válvula gaveta para controle da vazão dos chuveiros do classificador vibratório. Diâmetro nominal da tubulação de 10".	Na linha de água, na parte superior do classificador vibratório

Com base nas planilhas de inspeção de equipamentos, preenchidas todas as semanas pelo pessoal técnico de inspeção, manutenção e operação, bem como em relatos da supervisão operacional e gerência da fábrica de pasta químico-mecânica, preencheu-se a planilha para identificação dos históricos de falhas dos itens físicos, apresentada na totalidade no Anexo 7.

As funções de cada subsistema e item físico foram avaliadas com vistas à sua caracterização no contexto operacional. Com base nas informações obtidas durante as etapas

anteriores, foram identificadas as funções do subsistema de depuração (Figura 4.3). Da análise feita, constatou-se que o sistema de depuração apresenta quatorze funções, e destas, duas são principais e as demais são secundárias. A literatura técnica recomenda que a descrição das funções seja feita de maneira clara e concisa, fazendo uso de um verbo para descrever a ação e o padrão de desempenho desejado. No presente estudo, isso não foi possível, resultando em funções descritas de maneira extensa, para não comprometer o entendimento. Entretanto, o fato de usar uma frase ao invés de um verbo para descrever a ação não prejudicou a análise. Os padrões de desempenho foram determinados somente para as funções principais; padrões para funções secundárias não estavam perfeitamente definidos, em virtude das oscilações de produção a que a fábrica é constantemente submetida.

Funções Principais

Separar feixes longos de fibras, cavacos, lascas, cascas e demais rejeitos diversos com tamanho maior que 10 mm da polpa.

Separar pressurizadamente as fibras com dimensões superiores a 0,76 mm da polpa parcialmente depurada.

Funções Secundárias

Conter o fluxo de polpa para realizar a depuração pressurizada.

Armazenar temporariamente e garantir a transferência da água da gaxeta e polpa perdida do porão.

Reter o refluxo da polpa parcialmente depurada para a bomba M06.

Garantir o refluxo de polpa parcialmente depurada para esgotar a tubulação.

Armazenar polpa parcialmente depurada para manter constante o nível de produção da fábrica

Regular o diferencial de pressão de 0,5 Kgf/cm^2 entre a linha de entrada e saída da depuração pressurizada.

Permitir a drenagem de polpa do depurador pressurizado para realizar a manutenção.

Permitir o fluxo da polpa rejeitada da depuração pressurizada para a refinação.

Indicar a pressão da linha de entrada de polpa do depurador pressurizado.

Indicar a pressão da linha de saída de polpa aceita do depurador pressurizado.

Indicar a pressão de saída de rejeitos leves do depurador.

Indicar a pressão da linha de pressão da bomba M07.

Figura 4.3 – Funções do subsistema de depuração

Analisando a Figura 4.3, observa-se que a maioria das funções secundárias do subsistema de depuração estão associadas às categorias de controle, contenção e proteção. A análise não identificou nenhuma função redundante no subsistema de depuração.

Após a definição das funções, passou-se para a análise das falhas funcionais, muitas das quais foram definidas como não-funções. Após exaustiva análise, determinaram-se vinte e duas falhas funcionais para o subsistema de depuração. Na seqüência, foi preenchida a planilha de funções e falhas funcionais para o subsistema funcional em estudo. Uma página da planilha de funções e falhas funcionais é apresentada, como exemplo, no Quadro 4.7. As planilhas completas para cada subsistema encontram-se no Anexo 8.

Quadro 4.7 - Exemplo de planilha de funções e falhas funcionais preenchida do subsistema de depuração

MCC	PLANILHA DE DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES E FALHAS FUNCIONAIS			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:	Folha Nº
	SUBSISTEMA Depuração	Subsistema A	Analista:	Data:

Nº	FUNÇÃO	Nº	FALHA FUNCIONAL
F-01	Separar feixes longos de fibras, cavacos, lascas, cascas e demais rejeitos diversos, com tamanho maior que 10 mm da polpa.	FF-01	Não operar completamente a separação de feixes longos de fibras, cavacos, lascas, cascas e demais rejeitos com tamanho maior que 10 mm da polpa.
		FF-02	Não separar adequadamente feixes longos de fibras, cavacos, lascas, cascas e outros rejeitos com tamanho maior que 10 mm da Polpa.
		FF-03	Rejeitar as fibras boas da polpa com os feixes longos de fibras, lascas, cascas e outros rejeitos com tamanho maior que 10 mm.
F-02	Conter o fluxo de polpa para realizar a depuração pressurizada.	FF-04	Não conter o fluxo da polpa para realizar a depuração Pressurizada.
F-03	Armazernar temporariamente e garantir a transferência da água da gaxeta e polpa perdida do porão.	FF-05	Não operar completamente o subsistema de armazenagem e transferência da água da gaxeta e polpa perdida do porão.
F-04	Reter o refluxo da polpa parcialmente depurada para a bomba M06.	FF-06	Não reter o refluxo de polpa parcialmente depurada para a bomba M06.
F-05	Garantir o refluxo de polpa parcialmente depurada para esgotar a Tubulação.	FF-07	Não garantir o refluxo de polpa parcialmente depurada para esgotar a tubulação.
F-06	Armazenar polpa parcialmente depurada para manter constante o nível de produção da fábrica.	FF-08	Transbordar o tanque T-600-06.

4.2.4 Seleção dos Itens Físicos Críticos do Subsistema

Na seqüência das atividades previstas para aplicação da MCC, foi preenchida a planilha para associação das falhas funcionais com os itens físicos (Anexo 9). Nessa etapa, pode-se verificar quais itens físicos afetavam cada uma das falhas funcionais. A Figura 4.4 ilustra a matriz de associação das falhas funcionais e itens físicos. A associação dos itens físicos com as falhas funcionais é uma atividade importante na MCC, pois fornece um mapa completo dos equipamentos que afetam as falhas funcionais e suas respectivas funções. Por exemplo, a

falha funcional “Não separar as fibras com dimensões superiores a 0,76 mm da polpa parcialmente depurada” pode estar associada um modo de falha do conjunto depurador pressurizado.

ITENS FÍSICOS		FALHA FUNCIONAL	FF-01	FF-02	FF-03	FF-04	FF-05	FF-06	FF-07	FF-08	FF-09	FF-10	FF-11	FF-12	FF-13	FF-14	
			Não operar completamente a separação de feixes longos de fibras, cavacos, lascas, casca demais rejeitos com tamanho maior que 10 mm da polpa	Não separar adequadamente feixes longos de fibras, cavacos, lascas, cascas e outros rejeitos com tamanho maior que 10 mm da polpa	Rejeitar as fibras boas da polpa com os feixes longos de fibras, lascas, cascas e outros rejeitos com tamanho maior que 10 mm	Não conter o fluxo da polpa para realizar a depuração pressurizada	Não operar completamente o subsistema de armazenagem e transferência da água da gaxeta e polpa perdida do porão	Não reter o refluxo de polpa parcialmente depurada para a bomba M06	Não garantir o refluxo de polpa parcialmente depurada para esgotar a tubulação	Transbordar o tanque T-600-06	Não operar completamente a separação pressurizada	Não separar as fibras com dimensões superiores a 0,76 mm da polpa parcialmente depurada	Rejeitar todo o fluxo de polpa do depurador para a refinação (Entupimento do processo depuração)	Não regular o diferencial de pressão entre a linha de entrada e saída da depuração pressurizada	Não permitir a drenagem da polpa do depurador pressurizado e não permitir a separação do material pesado	Não permitir o fluxo da polpa rejeitada pela depuração pressurizada para o refinação	
		C_H	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
		C_A	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
		C_E	3	2	2	4	2	1	1	1	5	3	2	2	1	2	
No	**Descrição**	D_M															I_{CE}
IF-01	Conjunto Classificador Vibratório M13 e M14	3	5	5	4												99
IF-02	Conjunto motobomba M 06	5				3					5						185
IF-03	Válvula da linha de sucção da bomba M06	4															0
IF-04	Válvula de retenção da bomba M 06	3						5									15
IF-05	Válvula controladora do refluxo para o tanque T-600-7	3							5								15
IF-06	Válvula dos chuveiros do classificador vibratório	1			1												2
IF-07	Chuveiro do classificador vibratório	3			3												18
IF-08	Conjunto motobomba M 07	3					5										30
IF-09	Válvula da linha de sucção da bomba M 07	4															0
IF-10	Válvula da linha de recalque da bomba M 07	2															0
IF-11	Tanque de armazenamento T-600-07	2															0
IF-12	Poço coletor de vazamento	3					5										30
IF-13	Conjunto depurador pressurizado	5				3					5	5	5				310
IF-14	Válvula de entrada de polpa do depurador	3															0
IF-15	Válvula de polpa aceita do depurador	2											2	5			28
IF-16	Válvula de dreno de lavagem do depurador	2															0
IF-17	Válvula de drenagem do depurador	2													5		10
IF-18	Válvula de rejeitos leves do depurador	3														4	24
IF-19	Tubulação de polpa e acessórios entre o tanque T-600-07 e depurador	2				5											40
IF-20	Tubulação de polpa e acessórios para refluxo de polpa para o tanque T-600-07	1							1								1
IF-21	Tubulação de polpa e acessórios entre o depurador e o refinador	2														2	8
IF-22	Tubulação de polpa e acessórios entre o depurador e o Side Hill	2											2				8
IF-23	Tubulação de drenagem do poço coletor	1															0

Figura 4.4 - Exemplo da matriz de correlação de falhas funcionais *versus* itens físicos

Pode-se observar na Figura 4.4 que nenhuma das falhas funcionais apresentam conseqüência na segurança humana e integridade ambiental. Observa-se também que há vários itens físicos não correlacionados com nenhuma das falhas funcionais definidas, os quais podem já ser descartados da análise da MCC. A partir do índice de priorização das condições econômicas, destacado na última coluna da Figura 4.4, elaborarou-se o gráfico de

Pareto na Figura 4.5, que lista os itens físicos críticos que irão absorver os recursos da manutenção e serão conduzidos às etapas seguintes da MCC. Com base nesse gráfico, decidiu-se descartar da análise os itens físicos sob número IF-03, IF-09, IF-10, IF-11, IF-14, IF-16 e IF-23.

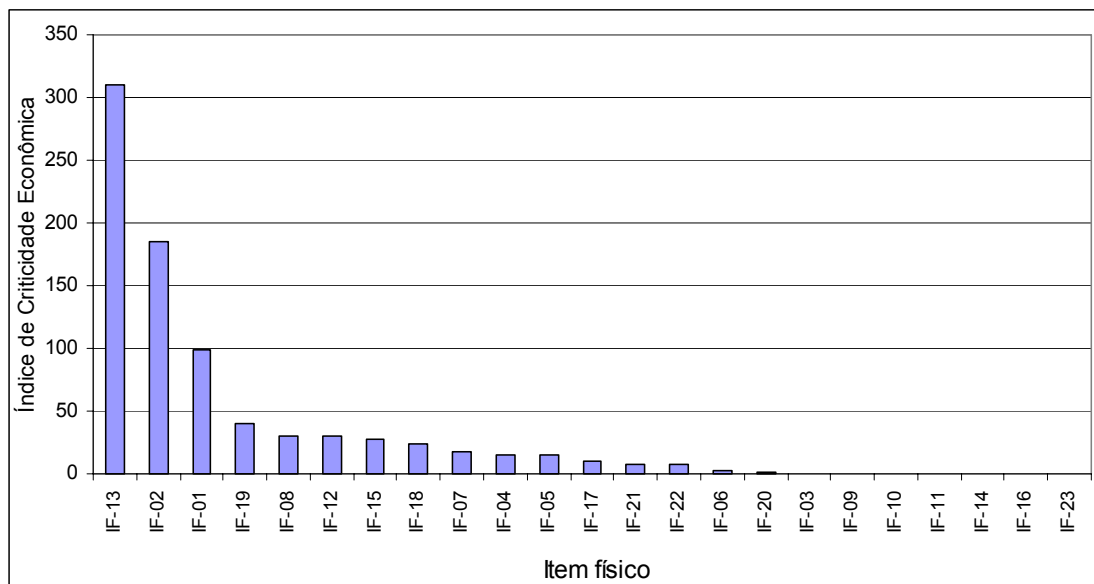



Figura 4.5 - Priorização dos itens físicos críticos do subsistema de depuração

4.2.5 Análise dos Modos de Falhas e Efeitos

Nesse passo, foi efetuada a análise da FMEA, sendo utilizado a planilha do Quadro 2.17. Um exemplo da utilização da planilha da FMEA do subsistema de depuração é ilustrado no Quadro 4.8, onde, na coluna de efeitos e conseqüências da falha, estão associadas as suas causas, através das letras A, B, C, D ou E. A planilha completa para o sistema de depuração encontra-se no Anexo 10.

Os modos de falha a serem conduzidos à etapa de seleção das tarefas de manutenção preventiva são aqueles que apresentam resposta “S” (Sim) na coluna designada por DD (diagrama de decisão para seleção de tarefas), no Quadro 4.8. Por tratar-se de uma aplicação piloto e de um pequeno número de modos de falha, decidiu-se por conduzir todos os modos de falha à etapa seguinte da MCC.

Quadro 4.8 - Exemplo de planilha FMEA preenchida

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:	Folha Nº
	SUBSISTEMA Depuração	Subsistema A	Analista:	Data

FUNÇÃO: F-01	Separar feixes longos de fibras, cavacos, lascas, cascas e demais rejeitos diversos, com tamanho maior que 10 mm da polpa	FALHA FUNCIONAL: FF-01	Não operar completamente a separação de feixes longos de fibras, cavacos, lascas, cascas e demais rejeitos com tamanho maior que 10 mm da polpa

ITEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜENCIA DA FALHA	D.D
IF-01 Conjunto Classificador Vibratório M13 e M14	MF-01 Motor elétrico do classificador queimado	A - Perda de isolamento devido à umidade B - Travamento dos mancais devido a sujeiras	Pára completamente o classificador vibratório. No painel a corrente elétrica cai a zero. A peneira transborda. 2 horas de paralização para a troca e instalação de um outro motor. O nível de produção do sistema de desfibramento é diminuído [A, B].	S
IF-01 Conjunto Classificador Vibratório M13 e M14	MF-02 Sobrecarga do motor elétrico do classificador	A - Excesso de polpa para o peneiramento	Pára completamente o classificador vibratório. No painel a corrente elétrica cai a zero. A peneira transborda. 10 minutos de paralização para a limpeza da peneira [A].	S
IF-01 Conjunto Classificador Vibratório M13 e M14	MF-03 Ruptura da mola do classificador vibratório	A - Fadiga do material da mola	O motor permanece ligado e a peneira continua a realizar seu movimento, porém descontroladamente. No painel a corrente elétrica sobe. 30 minutos de paralização para a instalação de uma nova mola. O nível de produção do sistema de desfibramento é diminuído durante o período de manutenção[A].	S
IF-01 Conjunto Classificador Vibratório M13 e M14	MF-04 Ruptura do acoplamento elástico do classificador	A - Fadiga do elastômero do acoplamento elástico	A peneira pára de vibrar. O motor elétrico permanece ligado. A corrente elétrica do motor cai praticamente a zero. Inicia um acumulo de polpa sobre a peneira. 30 minutos de paralização para a instalação de um novo acoplamento. O nível de produção do sistema de desfibramento é diminuído durante o período de manutenção [A].	S

4.2.6 Seleção das Tarefas de Manutenção Preventiva

Para a análise das tarefas a serem definidas no plano de manutenção, utilizou-se á árvore lógica de decisão, ilustrada na Figura 2.13, e o diagrama de decisão para seleção de tarefas, ilustrado na Figura 2.14, tendo sido preenchida a planilha para seleção de tarefas. Uma visão parcial dessa planilha é ilustrada no Quadro 4.9; a planilha completa encontra-se no Anexo 11.

Observa-se no Quadro 4.9 que, para cada modo de falha, foram elencadas uma ou mais tarefas de manutenção. As tarefas mais simples podem ser executadas pelo próprio pessoal de operação e as mais complexas pelo pessoal de manutenção. A análise completa da planilha permite identificar que foram definidas cinqüenta e seis tarefas de rotina, quatro tarefas de descarte baseado no tempo, vinte e quatro tarefas de restauração baseada no tempo, sete tarefas de monitoramento baseadas nas condições e quatro opções de reprojeto do item físico, uma tarefa de verificação funcional e a existência de vinte e três opções de operar até a falha.

Quadro 4.9 – Planilha para seleção de tarefas

MCC	Planilha para seleção de tarefas				
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:		Folha Nº
	SUBSISTEMA Depuração	Subsistema A	Analista:	Data: 28/06/03	

FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA		ÁRVORE LÓGICA DE DECISÃO					DIAGRAMA DE DECISÃO PARA SELEÇÃO DE TAREFAS									TAREFA		
				E	S	A	O	C	1	2	3	4	5	6	7	8	9		AÇÃO	Freq.
FF-01	Não operar completamente a separação de feixes longos de fibras, cavacos, lascas, cascas e demais rejeitos com tamanho maior que 10 mm da polpa	MF-0	Motor elétrico do classificador queimado	S	N	N	S	B	S	N	-	S	N	-	N	N	-	1-	Inspecionar visualmente para identificar entrada de água ou poeira no motor elétrico do classificador vibratório	2S
		MF-02	Sobrecarga do motor elétrico do classificador	S	N	N	S	B	N	-	-	-	N	-	-	N	-	1 -	Operar até ocorrer a sobrecarga do motor elétrico do classificador vibratório	
		MF-03	Ruptura da mola do classificador vibratório	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	-	N	N	N	1-	Inspeção visual para detecção de início de trincas no raio interno das molas do classificador vibratório	2S
																		2-	Operar até ocorrer a falha da mola do classificador vibratório	
		MF-03	Ruptura do acoplamento elástico do classificador	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	-	N	N	N	1-	Inspeção visual do acoplamento elástico do classificador vibratório	2S
																		2-	Operar até ocorrer a falha do acoplamento elástico do classificador vibratório	
		MF-05	Falha dos rolamentos do eixo de acoplamento do classificador	S	N	N	S	B	S	S	S	S	N	N	S	N	-	1-	Inspeção do nível de óleo do mancal do eixo de acoplamento do classificador vibratório	1S
																		2-	Verificação do nível de vibração do mancal do eixo de acoplamento do classificador vibratório	2S
																		3-	Descarte programado dos rolamentos	1A
		MF-06	Ruptura da estrutura de sustentação das peneiras	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	N	N	N	N	1-	Inspeção visual para detecção de início de trincas na estrutura de sustentação lateral das peneiras do classificador vibratório	
		MF-07	Furação da chapa protetora do rotor excêntrico da peneira vibratória	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	-	S	N	-	1-	Inspeção visual para verificar a existência de desgaste da chapa protetora do rotor excêntrico	1M
																		2-	Redirecionar o jato de água para longe da chapa protetora do rotor excêntrico (Operação)	1D
		MF-08	Ruptura das correias do classificador vibratório	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	-	N	N	N	1-	Inspeção visual das correias do classificador vibratório para detecção das suas condições	2S
																		2-	Operar até a falha da rupruta da correias do classificador vibratório	

Os fatores que determinaram um grande número de tarefas do tipo operar até a falha estão associados à facilidade de manutenção desses modos de falha, bem como do pequeno impacto econômico e operacional que causam. Pequenas paradas para realizar o reparo não comprometem a fabricação de papel, pois há um estoque de segurança correspondente a quatro horas de produção, caso a FPQM pare completamente. Além do mais, no caso de uma parada total do subsistema de depuração, os operadores dessa área e dos desfibradores são redirecionados para o sistema de cozimento, onde realizam o carregamento dos carrinhos com toretes otimizando os custos da parada.

Houve um número considerável de tarefas de manutenção de rotina voltadas, principalmente, à inspeção e a pequenos reparos. A falta de informações históricas sobre os modos de falha, levou a equipe a optar pela decisão da periodicidade das tarefas de manutenção baseadas na opinião de especialistas, dentre eles gerentes, mecânicos e operadores.

4.2.7 Plano de Manutenção MCC

A última etapa prevista foi a realização do plano de manutenção com as tarefas e respectivas freqüências definidas. Nesse plano de manutenção, agruparam-se as tarefas por equipamento, com o objetivo de otimizar a utilização dos recursos humanos. A partir das informações das planilhas de seleção de tarefas, elaborou-se o plano de manutenção. Uma página da planilha do plano de manutenção é apresentada no Quadro 4.10; a planilha completa vem apresentada no Anexo 12.

Quadro 4.10 – Exemplo da planilha de descrição de plano de manutenção MCC

MCC	PLANILHA DE DESCRIÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO MCC				
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:		Folha Nº
	SUBSISTEMA Depuração	Subsistema nº	Analista:	Data:	

Nº	ITEM FÍSICO	TAREFA DE MANUTENÇÃO	FREQ.
IF-01	Conjunto Classificador Vibratório M13 e M14	Operar até ocorrer a falha devido ao desgaste dos orifícios da peneira do classificador vibratório	
IF-01	Conjunto Classificador Vibratório M13 e M14	Inspecionar visualmente para identificar entrada de água ou poeira no motor elétrico do classificador vibratório	2S
IF-01	Conjunto Classificador Vibratório M13 e M14	Operar até ocorrer a sobrecarga do motor elétrico do classificador vibratório	
IF-01	Conjunto Classificador Vibratório M13 e M14	Inspeção visual do acoplamento elástico do classificador vibratório	2S
IF-01	Conjunto Classificador Vibratório M13 e M14	Inspeção visual para detecção de início de trincas no raio interno das molas do classificador vibratório	2S
IF-01	Conjunto Classificador Vibratório M13 e M14	Operar até ocorrer a falha do acoplamento elástico do classificador vibratório	
IF-01	Conjunto Classificador Vibratório M13 e M14	Operar até ocorrer a falha da mola do classificador vibratório	
IF-01	Conjunto Classificador Vibratório M13 e M14	Descarte programado dos rolamentos	1A
IF-01	Conjunto Classificador Vibratório M13 e M14	Inspeção do nível de óleo do mancal do eixo de acoplamento do classificador vibratório	1S
IF-01	Conjunto Classificador Vibratório M13 e M14	Verificação do nível de vibração do mancal do eixo de acoplamento do classificador vibratório	2S
IF-01	Conjunto Classificador Vibratório M13 e M14	Inspeção visual para detecção de início de trincas na estrutura de sustentação lateral das peneiras do classificador vibratório	6M
IF-01	Conjunto Classificador Vibratório M13 e M14	Inspeção visual para verificar a existência de desgaste da chapa protetora do rotor excêntrico	1M
IF-01	Conjunto Classificador Vibratório M13 e M14	Redirecionar o jato de água para longe da chapa protetora do rotor excêntrico (Operação)	1D

4.2.8 Comparação Entre os Planos de Manutenção atual e o Proposto pela MCC e Considerações Finais

O plano de manutenção preventiva atual do setor de depuração prevê a inspeção trimestral dos itens físicos *conjunto depurador pressurizado* e *conjunto motobomba M-06*. Na inspeção, os itens são desmontados e os componentes internos inspecionados e trocados, se necessário. Para dar subsídio à manutenção preventiva, semanalmente são preenchidas as fichas de inspeção visual e controle das condições de uso dos equipamentos, que constam das tarefas a serem realizadas nas paradas programadas da manutenção preventiva. Os demais itens físicos não apresentam planos para inspeções e as referidas manutenções são corretivas.

O plano de manutenção atual foi montado a partir das fichas de inspeção e controle preenchidas semanalmente pelos inspetores e mecânicos da empresa. A análise das fichas

disponíveis nos últimos sete anos permitiu definir as tarefas de manutenção realizadas, estando estas indicadas no Quadro 4.11. Devido à baixa confiabilidade das informações, a periodicidade das tarefas foi definida pelo menor intervalo encontrado.

Observa-se que a ênfase atual da manutenção é direcionada à preservação do item físico. Já a MCC visa preservar a função do sistema, o que conduz a uma quantidade maior de tarefas de manutenção em comparação com aquelas efetuadas pelo plano de manutenção tradicional. Essas tarefas, geralmente, são pró-ativas e não aumentam significativamente o custo de manutenção, pois grande parte são de rotina e podem ser realizadas pelos próprios operadores dos itens físicos, se perfeitamente orientados.

Quadro 4.11 – Plano de manutenção preventiva atual do subsistema de depuração

Tarefas de Manutenção – Plano Atual		
Item Físico	**Tarefa**	**Freqüência**
Conjunto Depurador Pressurizado	- Troca dos rolamentos do eixo do rotor - Troca das gaxetas de vedação do eixo do rotor - Troca das correias da transmissão - Troca dos retentores de vedação dos rolamentos - Troca da tampa traseira do depurador - Ajuste da folga entre hidrofólio e cesta peneira	3 meses 3 meses 3 meses 2 anos 1 ano 6 meses
Conjunto Motobomba M06	- Troca das gaxetas da bomba - Troca dos retentores de vedação dos rolamentos - Troca dos rolamentos	6 meses 6 meses 6 meses
Conjunto Classificador Vibratório M13 e M14	- Troca dos rolamentos dos mancais	10 meses

Analisando as planilhas desenvolvidas pela metodologia da MCC para o subsistema de depuração, observou-se que para as quatorze funções principais e secundárias avaliadas foram identificadas vinte e duas falhas funcionais, que indicaram setenta e oito modos de falha. Também foram definidas cento e vinte e duas tarefas de manutenção. A MCC permitiu agrupar esse conjunto de informações para elaborar um plano sistematizado de manutenção

para cada equipamento, o que permite criar procedimentos de manutenção. A MCC identificou também potenciais modos de falha que não eram contemplados no plano de manutenção vigente na empresa.

A análise determinou que dos vinte e três itens físicos do subsistema de depuração, dezesseis apresentam implicações com conseqüências econômicas, sendo os mais significativos o conjunto depurador pressurizado, o conjunto motobomba M06 e o conjunto classificador vibratório. Em comparação com o plano de manutenção vigente na empresa, a análise MCC evidenciou também o conjunto classificador vibratório como item crítico do sistema. Os demais itens físicos que apresentaram índice de criticidade maior que zero não representam grandes conseqüências econômicas diante de suas falhas funcionais e poderiam ser descartados da análise, se houvesse limitação de recursos para a MCC. Sete itens físicos que não apresentaram nenhuma correlação com as falhas funcionais foram considerados não críticos e descartados da análise.

Através da definição da periodicidade da manutenção, por meio da opinião de especialistas, os tempos de parada serão diminuídos sistematicamente devido à inspeção dos itens físicos e ao aumento do intervalo de inspeção em 10% para aqueles itens que não apresentam nenhum sinal de degradação.

Observe-se que antes da MCC, só mecânicos eram encarregados da manutenção; após, percebe-se que muitas das ações pró-ativas para evitar a falha são realizadas pelos operadores. Isso diminuirá a carga de trabalho dos mecânicos e, assim, eles poderão trabalhar mais em análises de falhas do que na própria atividade de manutenção, permitindo, dessa forma que as planilhas da MCC sejam constantemente reavaliadas.

Com a implementação do estudo de caso, a nova atitude da manutenção passa a ser a preservação das funções do sistema, ao invés da preservação do próprio equipamento.

Durante a realização do trabalho, é possível efetuar uma comparação entre a sistemática atual de manutenção adotada pela empresa e a MCC, conforme apresentada no Quadro 4.12.

Quadro 4.12 – Comparação entre a sistemática atual de manutenção da empresa e a MCC

Sistemática atual de manutenção da empresa	MCC
Ênfase no item físico.	Ênfase nas funções do sistema e subsistemas funcionais.
Enfoque em tarefas de manutenção preventiva.	Enfoque em tarefas de manutenção preventiva, preditiva, de melhorias e opção de operar até a falha.
Planejamento de toda a manutenção, definido a partir da inspeção dos equipamentos.	Somente tarefas de manutenção baseadas nas condições definidas a partir das inspeções dos equipamentos.
Periodicidade das tarefas de manutenção definidas a partir da experiência própria.	Periodicidade das tarefas de manutenção definidas a partir da opinião de especialistas e uso de fórmulas matemáticas específicas.
Itens físicos reunidos por setores.	Itens físicos reunidos em unidades funcionais.
Definição das tarefas de manutenção, envolvendo apenas conseqüências operacionais.	Definição das tarefas de manutenção, envolvendo as conseqüências operacionais, segurança humana, integridade ambiental e econômica.
Ênfase na visão reativa da manutenção.	Ênfase na visão pró-ativa da manutenção.

Os resultados da aplicação da MCC, baseada na metodologia proposta no Capítulo 3, mostra-se adequada para implementação em uma fábrica de pasta químico-mecânica, mesmo se limitando à definição das tarefas e dos planos de manutenção. Pode-se observar a potencialidade da metodologia da MCC, no sentido de definir tarefas de manutenção, sejam elas corretivas, preventivas e de melhorias para os itens físicos, enfocando as falhas funcionais. A metodologia, também se mostrou eficiente para resgatar e documentar o conhecimento acumulado dos profissionais envolvidos no processo de manutenção.

Cabe ressaltar que com os resultados obtidos da implementação da MCC, o nível de confiabilidade do subsistema de depuração aumentou qualitativamente, pois o pessoal da manutenção, da operação e dos projetos passam a conhecer melhor o funcionamento de seus

itens físicos, dos potenciais modos de falha que conduzem às falhas funcionais, bem como de suas causas e conseqüências. Além do mais, todas as informações são armazenadas em planilhas que poderão ser utilizadas em estudos posteriores para otimização das estratégias de manutenção e melhoramentos funcionais da fábrica.

5 CONCLUSÕES

Neste capítulo, faz-se um resumo dos assuntos abordados na dissertação, apresentando os resultados alcançados com a aplicação da metodologia da Manutenção Centrada em Confiabilidade no setor de depuração da fábrica de pasta químico-mecânica. São apresentadas as observações feitas com a realização do estudo de caso, melhorias e restrições observadas com a aplicação do método.

Este trabalho foi elaborado, visando contribuir para a sistemática de implementação da Manutenção Centrada em Confiabilidade. Na execução dele foram apresentadas algumas contribuições do ponto de vista teórico e prático.

Do ponto de vista teórico, a revisão bibliográfica associa um conjunto de definições e de procedimentos à MCC. Durante a realização da revisão bibliográfica, vários autores foram consultados e as suas principais idéias foram agrupadas, de forma a definir um guia para a condução de novos trabalhos associados à MCC. Os conceitos associados à manutenção foram analisados e classificados em cinco grandes grupos que compõem a manutenção planejada: (*i*) manutenção preventiva – periódica; (*ii*) manutenção preventiva – preditiva; (*iii*) manutenção preventiva da rotina; (*iv*) manutenção por melhorias e (*v*) manutenção corretiva.

No que diz respeito à metodologia de implementação da MCC, a revisão bibliográfica procurou definir as principais etapas utilizadas pelos principais autores que abordam o assunto, e que podem ser usadas como guia para futuras implementações. Dos autores pesquisados, observou-se que aqueles que apresentam propostas concretas de implementação da MCC são Smith (1993) e MIL – STD – 2173 (1986). Esses autores apresentam uma gama de informações teóricas, planilhas e diagramas de decisão que podem auxiliar o analista no entendimento e implementação da MCC. Cabe salientar que a MIL – STD – 2173 (1986) apresenta uma sistemática de implementação específica para itens físicos bélicos da Marinha dos Estados Unidos da América. Observou-se que Moubray (2000) é uma referência importante, principalmente, no que diz respeito a aspectos teóricos da MCC.

Um aspecto importante observado ao longo da pesquisa bibliográfica foi que a norma SAE JA-1011 (1999) foi fortemente influenciada pela linha de pensamento de Moubray (2000). Os autores nacionais pesquisados seguiram algumas tendências internacionais com relação a terminologia e metodologias. Lafraia (2000), no que se refere à MCC, seguiu a tendência de Smith (1993). Pinto e Nasif (1999) seguem a terminologia adotada por Moubray (2000). O presente trabalho de dissertação foi influenciado por Smith (1993) e Rausand et al (1998) no que se refere a implementação da MCC, com a incorporação da análise de modos de falha com conseqüências na integridade ambiental sugeridas por Moubray (2000).

As pesquisas bibliográficas e eletrônicas também evidenciaram a utilização da MCC em vários segmentos industriais. No ano de 2003, observou-se um grande número de informações sobre a MCC em *sites* da Internet. Porém, a maioria dos artigos pesquisados reportam-se literalmente a Moubray, não havendo contribuições científicas e dissertativas sobre o assunto.

Os dados que emergiram desta pesquisa, da revisão bibliográfica e da realização deste trabalho demonstraram que o método mostra-se adequado para implementação em uma fábrica de pasta químico-mecânica, mesmo se limitado à definição das tarefas e planos de manutenção. A introdução da manutenção de rotina nas planilhas e gráficos de seleção de tarefas de manutenção evidenciou que a MCC pode ser utilizada para a especificação de tarefas rotineiras de inspeção e pequenos reparos que conduzem à prevenção e avaliação dos modos de falha.

Com o desenvolvimento do trabalho, constatou-se, na prática, que a MCC é um importante processo de documentação, análise de falhas e definição de tarefas de manutenção. Constatou-se, nos resultados obtidos, que a MCC está voltada a definir tarefas de manutenção pró-ativas associadas às causas da falha e que evitem os modos de falha. A MCC é um processo contínuo e sua aplicação deve ser reavaliada conforme a experiência operacional acumulada. No início de sua aplicação, a freqüência de manutenção é determinada através da opinião de especialistas. A aplicação continuada da MCC resulta na obtenção de informações que permitem reavaliar a freqüência a partir de dados objetivos. No enfoque da MCC, só as falhas que afetam as funções são problemáticas. No enfoque da manutenção tradicional, todas as falhas são problemáticas.

Verificou-se, durante a realização deste trabalho, que a metodologia da MCC exige a aplicação em grupo e um grande conhecimento acerca do local onde é empregada.

Por ser uma metodologia recentemente introduzida na indústria, os conceitos e definições associadas à MCC não são perfeitamente compreendidos por todos, o que torna a sua implementação mais demorada. Assim, sugere-se, para futuras implementações, que a equipe que irá trabalhar na implantação seja fortemente capacitada no MCC, com plena compreensão de seus propósitos, objetivos e definições, bem como das ferramentas utilizadas.

Outro aspecto importante observado ao longo desta pesquisa foi que os esforços para a implementação da MCC devem ser aplicados exclusivamente a itens físicos críticos, pois a quantidade de informações a serem avaliadas costuma ser grande. Além do mais, sugere-se que a MCC seja aplicada após a utilização de outra metodologia de gestão da manutenção como, por exemplo, a Manutenção Produtiva Total – TPM, permitindo que, dessa forma, a MCC seja aplicada àqueles itens físicos altamente críticos.

Observou-se que a MCC também se encontra vinculada com as técnicas, com os instrumentos de medição e com os equipamentos utilizados pelas empresas para a realização da manutenção. Por exemplo, a especificação das tarefas de monitoramento baseada nas condições está associada com os equipamentos e instrumentos de medição disponíveis e da existência de recursos humanos qualificados para sua execução.

A aplicação prática da metodologia da MCC apresentou os seguintes aspectos positivos: (*i*) permite identificar e avaliar os modos de falha; (*ii*) permite que o pessoal de operação, manutenção, projetos e da gerência obtenham um melhor conhecimento técnico dos itens físicos da empresa; e (*iii*) promove o registro das informações que podem conduzir a melhorias específicas.

Os seguintes aspectos negativos foram identificados no decorrer da implementação da MCC. Primeiramente, foram encontradas dificuldades na definição do objetivo da análise. Devido à formação técnica do pessoal da empresa analisada, optou-se em realizar o estudo nos itens físicos mecânicos. Também se sentiu dificuldade na especificação dos subsistemas funcionais, pois a empresa, geralmente, emprega a subdivisão em setores e estes não estão associados a funções específicas, o que gerou um pouco de confusão para a equipe da MCC. Por fim, a literatura técnica não menciona que a etapa de análise das funções e falhas funcionais requer constante redefinição das funções. Inicialmente, pensava-se que as funções definidas nas primeiras reuniões já seriam as definitivas. Porém, percebeu-se que as funções dos subsistemas modificavam-se no decorrer dos encontros, à medida que o conhecimento do

sistema sob a ótica da análise funcional ia evoluindo. Assim, definiram-se várias funções das quais algumas foram excluídas e outras redefinidas. Nessa etapa, outra dificuldade estava associada à definição do padrão de desempenho da função, visto que a FPQM não apresenta um nível de produção constante. Conseguiu-se determinar os padrões de desempenho somente para as funções principais, pois essas estavam perfeitamente caracterizadas no contexto de operação. Além do mais, as funções foram definidas por uma frase ao invés de um verbo e isso não prejudicou a análise.

Na etapa de seleção dos itens físicos críticos do subsistema, a dificuldade encontrada foi na especificação dos fatores associados à conseqüência para a segurança humana, à integridade ambiental, à econômica e operacional, à dificuldade da manutenção e ao grau de correlação do item físico com a falha funcional. À medida que os trabalhos avançavam e a equipe adquiria mais conhecimento, os fatores eram reavaliados.

Durante a análise de modos e efeitos de falha, determinaram-se diversos modos de falha que poderiam afetar as funções do sistema. Porém, após discussões, incluíram-se nas planilhas aqueles que a equipe considerava potenciais modos de falha, em virtude do contexto de operação dos itens físicos. A literatura técnica, nesse ponto, sugere que todos os modos de falha sejam conduzidos à análise. Isso poderia conduzir a um esforço desnecessário, visto que os modos de falha poderiam nunca ocorrer.

Na etapa de seleção das tarefas de manutenção preventiva constatou-se que, devido à falta de análise das condições econômicas, o processo de escolha das tarefas ficou comprometido. O processo de MCC verificou a efetividade das tarefas através da experiência dos participantes do grupo. Outra dificuldade encontrada nessa etapa foi na definição da periodicidade da manutenção a qual, devido à falta de informações históricas sobre falhas, recaiu na definição através da opinião de especialistas.

Duas conclusões finais acerca das limitações do presente trabalho são pertinentes. Primeiro, a aplicação da metodologia da MCC deve ser voltada para a obtenção de resultados a longo prazo, o que permite obter uma melhor avaliação da eficiência e eficácia do método. Segundo, a ausência de informações históricas sobre as falhas dos equipamentos prejudicou a análise da MCC, visto que todas as respostas às questões do diagrama de decisão recaíram em inspeção e reparos rotineiros.

Concluindo este trabalho, em função dos objetivos específicos traçados no início, pode-se dizer que:

a) os objetivos (*i*) e (*ii*) foram plenamente atingidos, através da aplicação da metodologia da MCC em um estudo de caso, o que permitiu dissertar sobre o assunto ora enfocado. A revisão bibliográfica e o estado da arte sobre a MCC constituem-se em uma grande fonte de pesquisa para que outros pesquisadores e profissionais envolvidos com a gestão da manutenção industrial possam ampliar os conhecimentos com relação a conceituações e com a própria metodologia para implementar a MCC;

b) o item (*iii*) dos objetivos específicos também foi atingido com os capítulos 3 e 4 abordando, respectivamente, a descrição e análise da implementação da MCC no setor de preparação de polpa da FPQM. Nesses capítulos verificam-se a descrição das etapas previstas para a estruturação da MCC na FPQM bem como os resultados obtidos da análise;

c) referente ao item avaliação da implementação da MCC, dos objetivos específicos traçados, nota-se que foi alcançado. A implementação pode ser avaliada durante o desenvolvimento do estudo de caso. O trabalho realizado permitiu definir um grande número de ações de manutenção voltadas para atividades de rotina que eram desconhecidas pelo plano de manutenção da empresa. Antes da MCC, só mecânicos realizavam a manutenção, após, algumas tarefas são realizadas pelos próprios operadores. A atitude do pessoal da manutenção e operação passa a ser a preservação das funções dos itens físicos ao invés da preservação do próprio item físico. É importante mencionar que a MCC é um processo contínuo e sua implementação e seus resultados devem ser reavaliados conforme o conhecimento técnico e operacional for acumulado. Observa-se nos resultados que a análise da MCC permitiu determinar tarefas de manutenção preventiva de rotina, periódicas e preditivas. A falta de registro completo das atividades correntes desenvolvidas pelo plano atual de manutenção prejudicou a comparação entre estas atividades com as propostas pela MCC;

Considerando o acima exposto e o desenvolvimento do trabalho apresentado nos capítulos anteriores, pode-se afirmar que o objetivo geral proposto foi atingido, qual seja: apresentar a MCC organizá-la e adaptá-la a gestão da manutenção de uma empresa de celulose e papel.

Como sugestões para trabalhos futuros, propõem-se os seguintes temas:

a) utilização de *software* específicos para a MCC, visto que a aplicação dessa metodologia demanda o uso de diversas planilhas simultaneamente, o que facilitaria o seu desenvolvimento;

b) realização de uma avaliação econômica, para determinar a eficácia da MCC;

c) aplicar a MCC em um equipamento da empresa, que tenha alguma similaridade com os equipamentos submetidos à análise da MCC e que possuam um histórico completo de manutenções realizadas, de modo a permitir a determinação estatística da periodicidade das tarefas de manutenção;

d) utilizar a ferramenta de suporte de análise da causa raiz da falha RCFA (Root Cause Failure Analysis) para determinação das causas da falha funcional;

Realizando todas essas atividades, ter-se-ia em mãos uma grande ferramenta para resolver não todos, mas grande parte dos problemas de gerenciamento da manutenção industrial no que se refere especificamente às condições técnicas e econômicas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONIOLLI, Edilar Bento. **Estudo Comparativo de Técnicas de Medição e Análise de Vibrações para a Manutenção Preditiva em Mancais de Rolamento**. 1999. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462:** Confiabilidade e Mantenabilidade**.** Rio de Janeiro, 1994. 37 p.

BEN-DAYA Mohamed. You may need RCM to enhance TPM implementation. **Journal of Quality in Maintenance Engineering,** United Kingdom**,** v. 6 N. 2, p. 82-85, 2000.

BLOCH Heinz P.; GEITNER, Fred K. **Machinery Failure Analysis and Troubleshooting – Volume 2.** Houston: Gulf Publishing Company. 1997, 667 p.

DEPARTMENT OF DEFENSE. **MIL-STD 1629A:** Procedures for performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis. Washington, 1980. 54 p.

_______. **MIL-STD 2173 (AS):** Reliability-Centered Maintenance Requirements for Naval Aircraft, Weapon Systems and Support Equipaments**.** Washington, 1986. 210 p.

EBELING, Charles. **An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering.** New York: The McGraw – Hill Companies, Inc., 1997. 466 p.

FALCETTA, Eduardo Fiorin, **Análise da Confiabilidade de Produtos baseada em Dados de Utilização da Garantia**. 2000. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

HELMAN, Horacio; ANDERY, Paulo R. P. **Análise de Falhas (Aplicação dos Métodos de FMEA – FTA).** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995, 156 p.

LAFRAIA, João Ricardo Barusso. **Manual de Confiabilidade, Mantenabilidade e Disponibilidade.** Rio de Janeiro: Qualitmark: Petrobrás, 2001, 372 p.

LIMA, Rubens S. **TPM – Total Productive Maintenance – Curso de Formação de Multiplicadores.** Belo Horizonte: Advanced Consulting & Training, 2000. 218 p.

MIRSHAWKA, Victor. **Manutenção Preditiva – Caminho para Zero Defeitos**. São Paulo: Editora Makron Books do Brasil Editora, 1991, 318 p.

_______. Qualidade, Confiabilidade e Manutenabilidade. **Revista Electron.** São Paulo, p. 26-48, 1989.

MIRSHAWKA, Vitor e OLMEDO, Napoleão Lupes. **Manutenção – Combate aos Custos da Não-Eficácia – A vez do Brasil**. São Paulo: Editora Makron Books do Brasil Editora Ltda., 1993, 373 p.

MONCHY, François. **A Função Manutenção – Formação para a Gerência da Manutenção Industrial.** São Paulo: Editora Durban Ltda., 1989.

MOUBRAY, John. **Manutenção Centrada em Confiabilidade**. São Paulo: Aladon Ltds, 2000, 426 p.

_______. **Maintenance Management – A New Paradigm.** Disponível em <www.plant-maintenance.com> Acesso em 20 de junho de 2001.

NAKAJIMA, Seiichi. **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1989, 111 p.

NASCIMENTO, Luiz Henrique M., **Manutenção Produtiva Total: Um Estudo de Caso no Departamento de Comandos Mecanizados da Secretaria da Agricultura e Abastecimento – RS**. 2002. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Reliability Centered Maintenance Guide for Facilitis and Collateral Equipment.** Disponível em <http://www.hq.nasa.gov/office/codej/codejx/> Acesso em 15 janeiro de 2002.

_______. **Standardized Facilities Preventive - Maintenance Work Task Guide.** Disponível em <http://www.hq.nasa.gov/office/codej/codejx/> Acesso em 15 janeiro de 2002.

NEPOMUCENO L. X. – **Técnicas de Manutenção Preditiva – Volume 1**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1989, 501 p.

_______. – **Técnicas de Manutenção Preditiva – Volume 2**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1989, 451 p.

NETHERTON, Dana. **Standard To Define RCM**. Disponível em <http://www.mt-online.com/current/06-99mm.html> Acesso em 17 de setembro de 2001.

NOWLAN F. S.; HEAP H. F. **Reliability-centered Maintenance.** Tecnical Report AD/A066-579, National Tecnical Information Service, US Department of Commerce, Springfield, Virginia, 1978.

NUNES, Enon Laércio. **Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC): análise da implementação em um sistema de manutenção consolidada**. 2001. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

O'CONNOR, Patrick D. T. **Practical Reliability Engineering**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1991. 431 p.

PATTON, Joseph D. **Maintainabiliy and Maintenance Management**. New York: Instrument Society of America, 1994. 452 p.

_______. **Preventive Maintenance**. New York: Instrument Society of America, 1995. 202 p.

PINTO, Alan Kardek; NASIF, Júlio. **Manutenção: Função Estratégica.** Rio de Janeiro: Qualitymark editora Ltda., 1999, 287p.

RAUSAND M.; VATN J. Reliability Centered Maintenance. **In C. G. Soares editor, Risk and Reliability in Marine Tecnology, Balkema, Holland**, 1998 27p. Disponível em <www.ipk.ntnu.no/fag/SIO3050/notater/introduction_to_RCM.pdf> Acesso em: 15 de Julho de 2002.

ROGLIO, Karina de Déo. **Uma análise das ações gerenciais no aperfeiçoamento de processos sob a ótica de aprendizagem organizacional.** 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

SAKURADA, Eduardo Yuji. **As técnicas de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Árvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos**. 2001. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

SCAPIN, Carlos A. **Análise Sistêmica de Falhas**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999. 132 p.

SCHENEIDER, Ricardo Gazzana. **Metodologia para Retroalimentação de um Ciclo de Projeto com Dados de Estudos de Confiabilidade**. 2001. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

SMITH, Anthony M. **Reliability Centered Maintenance.** Boston: McGraw-Hill, Inc. 1993, 216 p.

_______. RCM. Gateway to a World Class Maintenance Program. **Rock Products, 2000.** Disponível em <http://www.rockproducts.com> Acesso em: 20 de maio de 2002.

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. **SAE JA1011:** Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes. Warrendale, 1999. 10 p.

SRIKRISHNA, S.; YADAVA G. S.; RAO, P. N. Reliability-centered maintenance applied to power plant auxiliaries. **Journal of Quality in Maintenance Engineering,** United Kingdom, v. 2 N. 1, p. 3-14, 1996.

TAVARES, Lourival Augusto. **Excelência na Manutenção – Estratégias, Otimização e Gerenciamento.** Salvador: Casa da Qualidade Editora Ltda., 1996.

_______. **Administração Moderna da Manutenção.** Rio de Janeiro: Novo Pólo Publicações e Assessoria Ltda, 1999. 208 p.

WIREMAN, Terry. **Developing Performance Indicators for Managing Maintenance**. New York: Industrial Press, Inc., 1998. 256 p.

_______. **Inspection and Training for TPM**. New York: Industrial Press, Inc., 1992. 256 p.

WYREBSKI, Jery. **Manutenção Produtiva Total – Um Modelo Adaptado**. 1997. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis,

VATN Jorn.; HOKSTAD Per; BONDSBERG Lars. An Overall Model for Maintenance Optimization. **SINTEF Safety and Reliability**, Trondhein, p. 107-133, 2000.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciamento da Manutenção Produtiva**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos.** Porto Alegre: Bookman, 1989. 105 p.

ANEXOS

ANEXO 1

Desenho esquemático do sistema de preparação da polpa

MCC	Desenho Esquemático				
	SISTEMA	Sistema nº	Equipe:		Folha Nº
	PREPARAÇÃO DA POLPA	FPQM-03	Analista:	Data: 28/06/03	

ESQUEMA

Fronteiras físicas do subsistema de depuração

IF-06
IF-07
IF-01
Polpa parcialmente depurada
IF-20
IF-05
IF-11
IF-03
IF-04
IF-02
IF-19
IF-10
IF-09
IF-12
IF-08
IF-22
IF-15
IF-13
IF-16
IF-14
IF-23
IF-17
IF-21

Fronteiras físicas do subsistema de refinação

IF-26
IF-27
IF-18
IF-25
IF-24

Fronteiras físicas do subsistema de engrossamento

IF-29
IF-28
IF-30
IF-38
IF-34
IF-35
IF-37
IF-33
IF-31
IF-32
IF-47
Água recuperada para outros pontos da fábrica
IF-36
IF-43
IF-45
IF-42
IF-41
IF-42
IF-48
IF-40
Água limpa
IF-46
IF-39
Água clarificada
IF-33
IF-49
Pasta preparada

NOMENCLATURA

IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.
IF-03	Válvula da linha de sucção da bomba M06.
IF-04	Válvula de retenção da bomba M 06.
IF-05	Válvula controladora do refluxo para o tanque T-600-7.
IF-06	Válvula dos chuveiros do classificador vibratório.
IF-07	Chuveiro do classificador vibratório.
IF-08	Conjunto motobomba M 07.
IF-09	Válvula da linha de sucção da bomba M 07.
IF-10	Válvula da linha de recalque da bomba M 07.
IF-11	Tanque de armazenamento T-600-07.
IF-12	Poço coletor de vazamento.
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.
IF-14	Válvula de entrada de polpa do depurador .
IF-15	Válvula de polpa aceita do depurador.
IF-16	Válvula de dreno de lavagem do depurador.
IF-17	Válvula de drenagem do depurador.
IF-18	Válvula de rejeitos leves do depurador.
IF-19	Tubulação de polpa e acessórios entre o tanque T-600-07 e depurador.
IF-20	Tubulação de polpa e acessórios para refluxo de polpa para o tanque T-600-07.
IF-21	Tubulação de polpa e acessórios entre o depurador e o refinador.
IF-22	Tubulação de polpa e acessórios entre o depurador e o Side Hill.
IF-23	Tubulação de drenagem do poço coletor.
IF-24	Refinador pilão.
IF-25	Válvula de saída da polpa no refinador.
IF-26	Válvula standby de saída da polpa no refinador.
IF-28	Side Hill.
IF-29	Válvula de entrada da polpa do Side Hill.
IF-30	Tanque de água recuperada T-600-08.
IF-31	Válvula da linha de sucção da bomba M03.
IF-32	Conjunto motobomba M03.
IF-33	Válvula da linha de pressão da bomba M 03.
IF-34	Válvula boia de controle de entrada de água limpa no tanque T-600-08.
IF-35	Válvula de controle de nível de água clarificada do tanque T-600-08.
IF-36	Válvula gaveta de entrada de água clarificada no tanque T-600-08.
IF-37	Tanque de polpa depurada e engrossada.
IF-38	Conjunto agitador da polpa.
IF-39	Conjunto motobomba M01.
IF-40	Válvula de saída da massa do Tanque T 600-09.
IF-41	Válvula de controle da consistência da massa.
IF-42	Válvula de gaveta NA para bloqueio da válvula de controle da consistência.
IF-43	Válvula de gaveta NF para bloqueio do bypass da válvula de controle da consistência.
IF-44	Válvula de gaveta NA para bloqueio da linha de água clarificada.
IF-45	Tubulação e acessórios para entrada de água limpa no tanque T-600-08.
IF-46	Tubulação e acessórios para entrada de água clarificada no tanque T-600-09.
IF-47	Tubulação e acessórios para saída de água recuperada do tanque T-600-10.
IF-48	Tubulação e acessórios da linha de água para controle de consistência.
IF-49	Tubulação e acessórios da linha de polpa pronta para a fábrica de papel.

ANEXO 2

Planilha de identificação das fronteiras do sistema de preparação da polpa

MCC	Planilha de identificação das fronteiras do sistema				
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:		Folha Nº 01 de 01
			Analista:	Data: 28/06/03	

1 - Principais itens físicos:

Bombas de polpa, tubulações de polpa, válvulas e acessórios.
Bombas de água, tubulações de água, válvulas e acessórios.
Tanques de água e de polpa.
Classificadores vibratórios.
Depurador.
Refinador.
Motores elétricos.
Moto-redutores.

2 - Fronteiras físicas do sistema:

Inicia com:

A polpa, proveniente dos desfibradores, é encaminhada aos classificadores vibratórios onde são rejeitadas partículas maiores que 10 mm de comprimento.

Água proveniente do T-600-08 é injetada no classificador vibratório para auxiliar na depuração primária.
O rejeito é conduzido manualmente por um operador a um container que posteriormente será encaminhado a um depósito de estocagem.
A polpa aceita no classificador vibratório é encaminhada via uma canaleta no piso da fábrica ao tanque de polpa T-600-07 a qual permanece armazenada temporariamente.
A bomba M06 transfere a polpa do tanque T-600-07 para o depurador pressurizado.
O depurador permite a passagem de polpa para o *Side Hill.*
A polpa com partículas maiores que 1,76 mm são encaminhadas ao refinador pilão para serem refinadas.
A polpa que sai do refinador pilão é encaminhada ao tanque T-600-07.
Energia elétrica é fornecida aos motores elétricos das bombas.
Um moto redutor regula a abertura e o fechamento do pilão do refinador.
O *Side Hill* ou engrossador permite retirar parte da água da polpa, aumentando a sua consistência.
A polpa com a consistência desejada é armazenada no tanque T-600-09.
A água retirada da polpa é armazenada no tanque T-600-08.
Um agitador instalado no interior do tanque T-600-09 mantem a polpa homogênea.

Termina com:

A polpa com a consistência desejada é bombeada para o tanque de armazenagem TQ 05 situado na fábrica de papel.
A água do side hill é armazenda no tanque T-600-08 a qual é posteriormente encaminhada aos sistemas da fábrica.

3 - Considerações necessárias:

Há uma entrada de água limpa que mantém o tanque T-600-08 sempre com o nível cheio.
A bomba M12 fonece água para resfriar e lubrificar as gaxetas.
O tanque TQ-05 situa-se na fábrica de papel e é controlado pela fábrica de pasta químico-mecânica.
O volume do tanque TQ-05 permite manter a fábrica de papel funcionando por aproximadamente 4 horas.
A nível de preparação de polpa é definido a partir do consumo de pasta na fábrica de papel.
Quando o nível do tanque TQ-600-07 estiver alto ou tanque cheio, soa um alarme e os operadores dos desfibradores diminuem a produção ou param completamente.
O tanque TQ-600-07 funciona como um pulmão para manter o nível de produção constante.

ANEXO 3

Planilha de descrição do sistema

<table>
<tr><td rowspan="3"></td><td colspan="5">Planilha de descrição do sistema</td></tr>
<tr><td rowspan="2">SISTEMA

PREPARAÇÃO DA POLPA</td><td rowspan="2">Sistema nº

FPQM-03</td><td colspan="2">Equipe:</td><td rowspan="2">Folha Nº
01 de 01</td></tr>
<tr><td>Analista:</td><td>Data:
28/06/03</td></tr>
</table>

1 - Funções e seus parâmetros

Separar cavacos longos e fibras com dimensão superior a 10 mm da polpa.

Garantir fluxo de polpa parcialmente depurada para o depurador.

Reter refluxo.

Armazenar polpa parcialmente depurada.

Depurar fibras com dimensão superior a 0,76 mm.

Garantir fluxo de polpa nas diversas etapas do processo.

Permitir a limpeza do depurador pressurizado.

Indicar o nível dos diversos tanques de armazenamento do sistema.

Indicar a intensidade da corrente elétrica dos diversos motores do sistema.

Indicar a pressão de operação de diversos pontos do sistema.

Refinar partículas rejeitadas do depurador.

Regular fluxo e pressão no refinador.

Engrossar a polpa até atingir a consistência de 4,5

Armazenar água recuperada.

Armazenar polpa engrossada.

Manter homogênea a mistura de polpa engrossada no tanque de armazenamento.

Transferir água recuperada para os diversos pontos de consumo da fábrica.

Controlar a consistência da polpa que é encaminhada à fábrica de papel em 3,5.

Transferir a polpa preparada para fábrica de papel.

2 - Redundâncias

(Não há)

3 - Dispositivos de proteção

Dispositivo de proteção de sobrecarga dos motores.

4 - Instrumentação e controle

Indicador de nível dos tanques.

Indicador de corrente elétrica dos motores.

ANEXO 4

Planilha dos diagrama de blocos funcionais

MCC	PLANILHA DE DIAGRAMA DE BLOCOS FUNCIONAL			
	SISTEMA	Sistema nº	Equipe:	Folha Nº 01 de 04
	PREPARAÇÃO DA POLPA	FPQM-03	Analista:	Data: 28/06/03

DIAGRAMA DE BLOCOS FUNCIONAIS

Polpa
Água para Gaxeta
Energia elétrica
Depurar a polpa
Sinal de corrente elétrica de motor
Água da Gaxeta
Sinal de nível
Sinal sonoro
Fluxo de polpa refinada
Feixes longos de fibras, cavaco, lascas e cascas
Fluxo de polpa depurada
Fluxo de polpa rejeitada
Energia elétrica
Sinal de controle do avanço dos discos
Refinar a polpa rejeitada
Transmissão de sinais de posição dos discos
Transmissão de sinal de corrente elétrica de motores
Sinais de controle de consistência
Água
Energia elétrica
Água limpa
Água clarificada
Engrossar a polpa
Fluxo da polpa preparada
Sinal de corrente elétrica de motores
Sinais de nível e consistência
Água

	PLANILHA DE DIAGRAMA DE BLOCOS FUNCIONAL			
	SISTEMA	**Sistema nº**	**Equipe:**	**Folha Nº** 01 de 04
	PREPARAÇÃO DA POLPA	**FPQM-03**	**Analista:**	**Data:** 28/06/03

DIAGRAMA DE BLOCOS FUNCIONAIS

MCC	PLANILHA DE DIAGRAMA DE BLOCOS FUNCIONAL			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	**Sistema nº** FPQM-03	**Equipe:**	**Folha Nº** 03 de 04
	SUBSISTEMA REFINAÇÃO	**Subsistema nº** B	**Analista:**	**Data:** 28/06/03

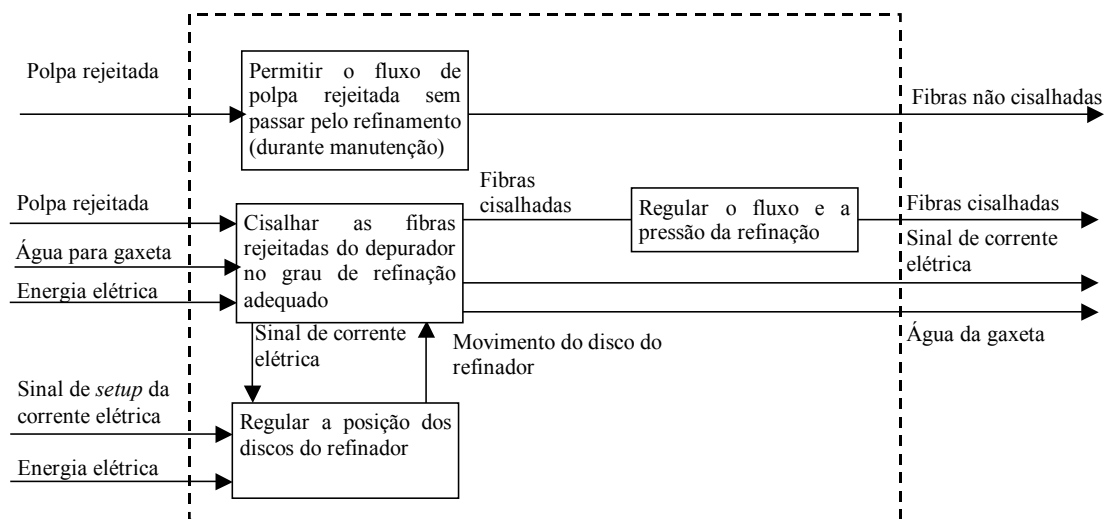



DIAGRAMA DE BLOCOS FUNCIONAIS

MCC	PLANILHA DE DIAGRAMA DE BLOCOS FUNCIONAL			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:	Folha Nº 04 de 04
	SUBSISTEMA ENGROSSAMENTO	Subsistema nº C	Analista:	Data: 28/06/03

DIAGRAMA DE BLOCOS FUNCIONAIS

ANEXO 5

Planilha de interfaces de entrada e saída do sistema de preparação de polpa

	Planilha de interfaces de entrada e saída				
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:		Folha Nº 01 de 04
			Analista:	Data: 28/06/03	

1 - Interfaces de entrada

Polpa não preparada.
Água para gaxetas.
Energia elétrica.
Sinais de controle do avanço dos discos do refinador.
Sinais de controle da consistência.
Água limpa.
Água clarificada.

2 - Interfaces de saída

Água da gaxeta.
Sinais de corrente elétrica dos motores.
Sinais de nível.
Sinal sonoro do nível de tanque cheio.
Feixes longos de fibras, cavacos, lascas e cascas.
Transmissão de sinais de posição dos discos.
Fluxo de polpa preparada para a fábrica de papel.
Sinais de nível e consistência.
Água recuperada.

3 - Interfaces internas de entrada e saída

Fluxo de polpa depurada.
Fluxo de água recuperada.
Fluxo de polpa rejeitada.

	Planilha de interfaces de entrada e saída				
	SISTEMA **PREPARAÇÃO DA POLPA** **SUBSISTEMA** **DEPURAÇÃO**	**Sistema nº** **FPQM-03** **Subsistema** **A**	**Equipe:** **Analista:**	**Data:** **28/06/03**	**Folha Nº** 02 de 04

1 - Interfaces de entrada

Fluxo de polpa não preparada.
Fluxo de água para gaxetas.
Energia elétrica.
Fluxo de polpa refinada ou não refinada.
Fluxo de água para lavagem.

2 - Interfaces de saída

Fluxo de água da gaxeta.
Sinais de corrente elétrica dos motores.
Feixes longos, cavacos, lascas e demais rejeitos da polpa.
Alarme sonoro de indicação de nível de tanque cheio.
Fluxo de polpa perdida e água da gaxeta.
Fluxo de polpa depurada.
Fluxo de polpa rejeitada.

3 - Interfaces internas de entrada e saída

Fluxo de polpa parcialmente depurada.
Fluxo de polpa perdida.
Fluxo de polpa depurada.
Fluxo de polpa parcialmente depurada drenada da depuração pressurizada.
Sinais on/off (liga/desliga) válvula de retorno do refluxo.
Sinais de 4 a 20 mV para indicação do nível do tanque T-600-06.

<table>
<tr><td rowspan="4"></td><td colspan="5">Planilha de interfaces de entrada e saída</td></tr>
<tr><td rowspan="2">SISTEMA
PREPARAÇÃO DA POLPA</td><td rowspan="2">Sistema nº
FPQM-03</td><td colspan="2">Equipe:</td><td rowspan="3">Folha Nº
03 de 04</td></tr>
<tr><td>Analista:</td><td>Data:</td></tr>
<tr><td>SUBSISTEMA
REFINAÇÃO</td><td>Subsistema
B</td><td></td><td>28/06/03</td></tr>
</table>

1 - Interfaces de entrada

Fluxo de polpa rejeitada.
Fluxo de água para gaxetas.
Energia elétrica.
Sinais de setup de corrente elétrica para controle da posição dos discos do refinador.

2 - Interfaces de saída

Fibras não cisalhadas.
Fibras cisalhadas.
Sinais de corrente elétrica do motor do refinador.
Água da gaxeta do refinador.

3 - Interfaces internas de entrada e saída

Sinais de corrente elétrica para regulagem da posição dos discos do refinador.
Movimento dos discos do refinador.
Fibras cisalhadas.

<table>
<tr><td rowspan="4"></td><td colspan="5">Planilha de interfaces de entrada e saída</td></tr>
<tr><td rowspan="3">SISTEMA
PREPARAÇÃO DA POLPA
SUBSISTEMA
ENGROSSAMENTO</td><td rowspan="3">Sistema nº
FPQM-03
Subsistema
C</td><td colspan="2">Equipe:</td><td rowspan="3">Folha Nº
04 de 04</td></tr>
<tr><td>Analista:</td><td>Data:
28/06/03</td></tr>
</table>

1 - Interfaces de entrada

Fluxo de polpa depurada.
Fluxo de água para gaxetas.
Energia elétrica.
Sinais de setup de consistência.
Fluxo de água clarificada.
Fluxo de água limpa.

2 - Interfaces de saída

Fluxo de água recuperada.
Sinais de nível.
Sinais de corrente elétrica dos motores.
Sinal de consistência.
Polpa preparada com a consistência desejada.

3 - Interfaces internas de entrada e saída

Fluxo de polpa engrossada.
Fluxo de água recuperada.
Sinais de nível.
Sinais de controle de nível.

ANEXO 6

Planilhas para identificação dos itens físicos dos subsistemas

MCC	PLANILHA DE DESCRIÇÃO DOS ITENS FÍSICOS			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:	Folha Nº 01 de 09
	SUBSISTEMA Depuração	Subsistema A	Analista:	Data: 28/06/03

ITENS FÍSICOS (IF) e INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE (IC)

Nº	Descrição	Quant	Características Técnicas	Local de Instalação
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	2	Classificador vibratório marca Voith, modelo 500 S, rotação de 700 rpm, motor de acionamento WEG modelo 112M, rotação 1450 rpm.	Saída do canal da rosca elevatória.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	1	Bomba M 06, fabricante KSB, tipo EZK 150/40, potência 75 cv, vazão de 5000 l/min, altura manométrica e 44 m.c.a., rotação de 1750 rpm.	Linha de saída do tanque T-600-07, próximo a sua saída.
IF-03	Válvula da linha de sucção da bomba M06.	1	Válvula do tipo guilhotina, de bloqueio da bomba M06. Normalmente aberta.	Na linha de sucção da bomba M06, próximo a sua entrada.
IF-04	Válvula de retenção da bomba M 06.	1	Válvula de retenção da bomba M 06.	Início da linha de recalque da bomba M 06.
IF-05	Válvula controladora do refluxo para o tanque T-600-7.	1	Válvula de controle do refluxo do tanque T-600-7, TAG 10, acionada por microcontrolador de painel.	Início da linha de refluxo do tanque T-600-7.
IF-06	Válvula dos chuveiros do classificador vibratório.	3	Válvula gaveta para controle da vazão dos chuveiros do classificador vibratório. Diâmetro nominal da tubulação de 10".	Na linha de água, na parte superior do classificador vibratório.
IF-07	Chuveiro do classificador vibratório.	3	Chuveiro do classificador vibratório.	No classificador vibratório.

MCC	PLANILHA DE DESCRIÇÃO DOS ITENS FÍSICOS			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	**Sistema nº** **FPQM-03**	**Equipe:**	**Folha Nº** 02 de 09
	SUBSISTEMA **Depuração**	**Subsistema** **A**	**Analista:**	**Data:** **28/06/03**

ITENS FÍSICOS (IF) e INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE (IC)

Nº	Descrição	Quant	Características Técnicas	Local de Instalação
IF-08	Conjunto motobomba M 07.	1	Bomba M 07, fabricante Goulds, modelo 3766 S, potência 3 cv, vazão de 167 l/min, altura manométrica e 20 m.c.a., rotação de 1750 rpm .	Na linha entre o poço coletor de vazamentos e calha de eliminação de água.
IF-09	Válvula da linha de sucção da bomba M 07.	1	Válvula gaveta de sucção da bomba M 07.	Na linha de sucção da bomba M 07.
IF-10	Válvula da linha de recalque da bomba M 07.	1	Válvula gaveta de recalque da bomba M 07.	Na linha de recalque da bomba M 07.
IF-11	Tanque de armazenamento T-600-07.	1	Tanque de armazenamento T-600-07 com capacidade para 50 m^3 de polpa.	
IF-12	Poço coletor de vazamento.	1	Poço coletor de vazamento com capacidade para 1 m^3 de polpa.	
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	1	Depurador pressurizado marca Beloit, modelo HDB, rotação 780 rpm, motor da marca Gevisa, modelo 280 SM, rotação de 148 rpm, potência nominal de 150 cv.	
IF-14	Válvula de entrada de polpa do depurador .	1	Válvula guilhotina de entrada do depurador Beloit.	Final da linha de recalque da bomba M 06, próximo a entrada do depurador Beloit.
IF-15	Válvula de polpa aceita do depurador.	1	Válvula guilhotina de entrada do depurador Beloit.	Na linha de saída de polpa aceita do depurador.

MCC	PLANILHA DE DESCRIÇÃO DOS ITENS FÍSICOS			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:	Folha Nº 03 de 09
	SUBSISTEMA Depuração	Subsistema A	Analista:	Data: 28/06/03

ITENS FÍSICOS (IF) e INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE (IC)

Nº	Descrição	Quant	Características Técnicas	Local de Instalação
IF-16	Válvula de dreno de lavagem do depurador.	1	Válvula globo de entrada de água do depurador Beloit.	Na linha de entrada de água de lavagem do Depurador Beloit.
IF-17	Válvula de drenagem do depurador.	1	Válvula guilhotina de drenagem do depurador Beloit.	Na linha de drenagem do depurador Beloit.
IF-18	Válvula de rejeitos leves do depurador.	1	Válvula guilhotina de rejeitos leves do depurador Beloit.	Na linha de rejeitos leves do depurador Beloit, próximo ao refinador pilão.
IF-19	Tubulação de polpa e acessórios entre o tanque T-600-07 e depurador.	1	Tubulação e acessórios de 10" de diâmetro nominal entre o tanque T-600-07 e o depurador.	
IF-20	Tubulação de polpa e acessórios para refluxo de polpa para o tanque T-600-07.		Tubulação e acessórios de 5" de diâmetro nominal para refluxo da polpa para o tanque T-600-07.	
IF-21	Tubulação de polpa e acessórios entre o depurador e o refinador.		Tubulação e acessórios de 5" de diâmetro nominal para fluxo da polpa rejeitada entre o depurador e refinador.	
IF-22	Tubulação de polpa e acessórios entre o depurador e o *Side Hill.*		Tubulação e acessórios de 10" de diâmetro nominal para fluxo da polpa entre o depurador e *Side Hill.*	
IF-23	Tubulação de drenagem do poço coletor.		Tubulação de drenagem do poço coletor.	

MCC	PLANILHA DE DESCRIÇÃO DOS ITENS FÍSICOS			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	**Sistema nº** FPQM-03	**Equipe:**	**Folha Nº** 04 de 09
	SUBSISTEMA Depuração	**Subsistema** A	**Analista:**	**Data:** 28/06/03

ITENS FÍSICOS (IF) e INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE (IC)

Nº	Descrição	Quant	Características Técnicas	Local de Instalação
IC-01	Transmissor de nível do tanque T-600-07.	1	Sensor e transmissor de nível do tanque T-600-07.	No tanque T-600-07.
IC-02	Chave de nível do poço coletor.	1	Chave de nível do poço coletor de vazamento. O nível alto do poço coletor aciona a bomba M 07.	No poço coletor.
IC-03	Manômetro da bomba M 07.	1	Manômetro da bomba M 07.	Instalado na linha de recalque da bomba M 07.
IC-04	Manômetro do depurador (saída de rejeitos leves).	2	Manômetro de medição da pressão na linha de rejeitos leves do depurador.	Próximo ao refinador.
IC-05	Manômetro do depurador (entrada da polpa).	1	Manômetro de medição da pressão na linha de entrada do depurador.	Próximo ao depurador.
IC-06	Manômetro do depurador (saída da polpa aceita).	1	Manômetro de medição da pressão na linha de saída do depurador.	Próximo ao depurador.
IC-07	Medidor de corrente elétrica do motor do depurador pressurizado.	1	Amperímetro do motor do depurador pressurizado.	Sensor instalado no motor do depurador e indicador de painel.
IC-08	Medidor de corrente elétrica do motor do classificador vibratório.	3	Amperímetro do motor do classificador vibratório.	Sensor instalado no motor do classificador vibratório e indicador de painel.
IC-09	Medidor de corrente elétrica do motor da bomba M06.	1	Amperímetro do motor da bomba M06.	Sensor instalado no motor da bomba M06 e indicador de painel.
IC-10	Medidor de corrente elétrica do motor da bomba M07.	1	Amperímetro do motor da bomba M07.	Sensor instalado no motor da bomba M07 e indicador de painel.

MCC	PLANILHA DE DESCRIÇÃO DOS ITENS FÍSICOS			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:	Folha Nº 05 de 09
	SUBSISTEMA Refinamento	Subsistema B	Analista:	Data: 28/06/03

ITENS FÍSICOS (IF) e INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE (IC)

Nº	Descrição	Quant	Características Técnicas	Local de Instalação
IF-24	Refinador pilão.	1	Refinador pilão modelo RTD 330, rotação 1150 rpm com motor marca GE, modelo 28.4005203, rotação 985/1180 rpm, potência de 100 cv; moto-redutor de acionamento dos discos do refinador pilão fabricado por Eletrote, modelo BD 71 B4B.	
IF-25	Válvula de saída da polpa no refinador.	1	Válvula guilhotina de saída da polpa no refinador pilão.	Linha de saída do refinador pilão.
IF-26	Válvula *standby* de saída da polpa no refinador.	1	Válvula guilhotina *standby* de saída da polpa no refinador pilão.	Linha de saída do refinador pilão.
IF-27	Tubulação e acessórios da linha de polpa refinada.	1	Tubulação e acessórios de 5" de diâmetro nominal para transferência da polpa refinada entre o refinador e o tanque T-600-07.	
IC-11	Manômetro da linha de saída do refinador.	1	Manômetro da linha de saída do refinador pilão.	Manômetro instalado na linha de saída do refinador pilão.
IC-12	Medidor de corrente elétrica do motor do refinador.	1	Amperímetro do motor da refinador.	Sensor instalado no motor do refinador e indicador de painel.

MCC	PLANILHA DE DESCRIÇÃO DOS ITENS FÍSICOS			
	SISTEMA **PREPARAÇÃO DA POLPA**	**Sistema nº** **FPQM-03**	**Equipe:**	**Folha Nº** **06 de 09**
	SUBSISTEMA **Engrossamento**	**Subsistema** **C**	**Analista:**	**Data:** **28/06/03**

ITENS FÍSICOS (IF) e INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE (IC)

Nº	Descrição	Quant	Características Técnicas	Local de Instalação
IF-28	*Side Hill.*	2	Torre de engrossamento da polpa depurada	
IF-29	Válvula de entrada da polpa do *Side Hill.*	2	Válvula de entrada da polpa do *Side Hill*	Na linha de entrada da polpa próximo ao *Side Hill.*
IF-30	Tanque de água recuperada T-600-08.	1	Tanque de água recuperada, água de extração da polpa, e água limpa. Apresenta volume de 15 m^3	
IF-31	Válvula da linha de sucção da bomba M03.	1	Válvula gaveta da linha de sucção da bomba M03	Instalada na linha de saída da agua do tanque T-600-08, na linha de sucção da bomba M03.
IF-32	Conjunto motobomba M03.	1	Bomba Goulds M 03, modelo 3196 XLT potência do motor de 60 cv, rotação 1750 rpm e altura manométrica de 57,3 mca.	Instalada na linha de saída da agua do tanque T-600-08.
IF-33	Válvula da linha de pressão da bomba M 03.	1	Válvula gaveta da linha de pressão da bomba M03	Instalada na linha de saída da agua do tanque T-600-08, na linha de recalque da bomba M03.
IF-34	Válvula boia de controle de entrada de água limpa no tanque T-600-08.	1	Válvula boia de controle de entrada de água limpa no tanque T-600-08	Instalada na linha de entrada de água limpa do tanque T-600-08.
IF-35	Válvula de controle de nível de água clarificada do tanque T-600-08.	1	Válvula de controle de nível de água clarificada no tanque T-600-08, comandada a distância, TAG 011.	Instalada na linha de entrada de água clarificada do tanque T-600-08.

MCC	PLANILHA DE DESCRIÇÃO DOS ITENS FÍSICOS			
	SISTEMA **PREPARAÇÃO DA POLPA**	**Sistema nº** **FPQM-03**	**Equipe:**	**Folha Nº** **07 de 09**
	SUBSISTEMA **Engrossamento**	**Subsistema** **C**	**Analista:**	**Data:** **28/06/03**

ITENS FÍSICOS (IF) e INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE (IC)

Nº	Descrição	Quant	Características Técnicas	Local de Instalação
IF-36	Válvula gaveta de entrada de água clarificada no tanque T-600-08.	1	Válvula gaveta de entrada de água clarificada no tanque T-600-08.	Instalada na linha de entrada de água clarificada do tanque T-600-08.
IF-37	Tanque de polpa depurada e engrossada.	1	Tanque para armazenamento temporário da polpa engrossada proveniente do Side Hall. Apresenta um volume de 44 m^3	
IF-38	Conjunto agitador da polpa.	1	Agitador da polpa engrossada com rotação de 285 rpm, motor de acionamento de 7,5 cv.	Fundo do tanque para armazenamento temporário da polpa.
IF-39	Conjunto motobomba M01.	1	Bomba Goulds M 01, modelo 3175 S, vazão de 110 1833 l/min, altura manométrica de 30 mca, rotação 1750 rpm, potência do motor de 25 cv.	Na linha de saída da massa do tanque T-600-09 para o tanque TQ-05.
IF-40	Válvula de saída da massa do Tanque T 600-09.	1	Válvula globo de saída da massa do tanque T-600-09.	Na linha de saída da massa do tanque T-600-09 para o tanque TQ-05.
IF-41	Válvula de controle da consistência da massa.	1	Válvula globo de controle da consistência da massa, comandada a distância, TAG 01.	No final da linha de água clarificada.
IF-42	Válvula de gaveta NA para bloqueio da válvula de controle da consistência.	2	Válvula de gaveta NA para bloqueio da válvula de controle da consistência.	Próximo a válvula de controle da consistência.

MCC	PLANILHA DE DESCRIÇÃO DOS ITENS FÍSICOS			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:	Folha Nº 08 de 09
	SUBSISTEMA Engrossamento	Subsistema C	Analista:	Data: 28/06/03

ITENS FÍSICOS (IF) e INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE (IC)

Nº	Descrição	Quant	Características Técnicas	Local de Instalação
IF-43	Válvula de gaveta NF para bloqueio do *bypass* da válvula de controle da consistência.	1	Válvula de gaveta NF para bloqueio do *bypass* da válvula de controle da consistência.	Próximo a válvula de controle da consistência, na linha de *bypass.*
IF-44	Válvula de gaveta NA para bloqueio da linha de água clarificada.	1	Válvula de gaveta NA para bloqueio da linha de água clarificada	Próximo a válvula de controle da consistência, na linha de *bypass.*
IF-45	Tubulação e acessórios para entrada de água limpa no tanque T-600-08.		Tubulação e acessórios para entrada de água limpa no tanque T-600-08.	
IF-46	Tubulação e acessórios para entrada de água clarificada no tanque T-600-09.		Tubulação e acessórios de 5" de diâmetro nominal para entrada de água clarificada no tanque T-600-08.	
IF-47	Tubulação e acessórios para saída de água recuperada do tanque T-600-10.		Tubulação e acessórios de 10" de diâmetro nominal para saída de água recuperada do tanque T-600-10.	
IF-48	Tubulação e acessórios da linha de água para controle de consistência.		Tubulação e acessórios de 3" de diâmetro nominal da linha de água para controle de consistência.	
IF-49	Tubulação e acessórios da linha de polpa pronta para a fábrica de papel.		Tubulação e acessórios de 6" de diâmetro nominal da linha de polpa pronta para a fábrica de papel.	
IC-13	Transmissor de nível do tanque T-600-08.	1	Sensor e transmissor de nível do tanque T-600-08.	

MCC	PLANILHA DE DESCRIÇÃO DOS ITENS FÍSICOS			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:	Folha Nº 09 de 09
	SUBSISTEMA Engrossamento	Subsistema C	Analista:	Data: 28/06/03

ITENS FÍSICOS (IF) e INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE (IC)				
Nº	Descrição	Quant	Características Técnicas	Local de Instalação
IC-14	Transmissor de consistência da massa.	1	Sensor e transmissor de consistência da massa.	Na linha de transferência de massa entre o tanque T-600-08 ao tanque T-05.
IC-15	Medidor de corrente elétrica do motor da bomba M01.	1	Amperímetro do motor da bomba M01.	Sensor no motor da bomba M01 e indicador de painel.
IC-16	Medidor de corrente elétrica do motor da bomba M03.	1	Amperímetro do motor da bomba M03.	Sensor no motor da bomba M03 e indicador de painel.
IC-17	Medidor de corrente elétrica do motor da agitador do tanque T-600-09.	1	Amperímetro do motor do agitador do tanque T-600-09.	Sensor no motor do refinador e indicador de painel.

ANEXO 7

Planilha para identificação do histórico dos itens físicos

MCC	PLANILHA DE IDENTIFICAÇÃO DO HISTÓRICO DE FALHAS DOS ITENS FÍSICOS				
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:		Folha Nº 01 de 04
	SUBSISTEMA DEPURAÇÃO	Subsistema A	Analista:	Data: 28/06/03	

Nº	ITEM FÍSiCO	DATA	TAREFA / MODO DE FALHA
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	29/04/03	Troca do rolamento do mancais do depurador.
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	29/04/03	Troca das gaxetas de vedação dos rolamentos do depurador.
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	29/04/03	Soldagem da chapa perfurada da peneira.
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	29/04/03	Troca das correias.
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	29/04/03	Troca da borracha de vedação do nível de fundo.
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	29/04/03	Envelhecimento da tubulação da água da gaxeta do depurador.
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	29/01/03	Quebra do vibrador da peneira.
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	24/01/03	Troca dos rolamentos do eixo do rotor.
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	24/01/03	Troca das correias.
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	24/01/03	Troca da bucha da gaxeta.
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	28/08/02	Ajuste da folga mínima entre rotor e peneira (descentralização do rotor).
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	28/08/02	Troca do prensa gaxeta.
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	28/08/02	Troca das gaxetas de vedação dos rolamentos do depurador.
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	28/08/02	Troca das correias.
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	22/02/01	Ajuste da folga mínima entre rotor e peneira (descentralização do rotor).
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	22/02/01	Troca das gaxetas de vedação dos rolamentos do depurador.
IF-19	Tubulação de polpa e acessórios entre o tanque T-600-07 e	15/01/03	Fissura da tubulação.
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	06/12/02	Aperto dos elementos móveis do classificador vibratório.
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	06/12/02	Aperto dos elementos móveis do classificador vibratório.
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	01/07/02	Troca dos mancais de rolamento do eixo da peneira.

PLANILHA DE IDENTIFICAÇÃO DO HISTÓRICO DE FALHAS DOS ITENS FÍSICOS			
SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:	Folha Nº 02 de 04
SUBSISTEMA DEPURAÇÃO	Subsistema A	Analista:	Data: 28/06/03

Nº	ITEM FÍSiCO	DATA	TAREFA / MODO DE FALHA
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	01/07/02	Troca dos mancais de rolamento do eixo da peneira.
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	01/07/02	Troca das correias.
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	01/07/02	Troca dos rolamentos do eixo do rotor.
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	20/06/02	Troca das molas da peneira.
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	20/06/02	Troca das molas da peneira.
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	16/05/02	Troca das polias motora e movida das peneiras.
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	16/05/02	Troca das polias motora e movida das peneiras.
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	02/04/02	Troca das correias da transmissão.
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	08/04/02	Aperto das correias da transmissão.
IF-04	Válvula de retenção da bomba M 06.	28/03/02	Troca da sede da válvula.
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	06/10/00	Troca das gaxetas de vedeção dos rolamentos do depurador.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	13/10/00	Troca das gaxetas.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	01/03/93	Troca do parafuso do prensa gaxeta.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	23/02/94	Troca dos retentores.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	23/02/94	Troca das gaxetas.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	23/02/94	Troca dos rolamentos.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	09/08/94	Troca dos retentores.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	09/08/94	Troca das gaxetas.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	09/08/94	Troca dos rolamentos.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	06/01/95	Troca dos retentores.

	PLANILHA DE IDENTIFICAÇÃO DO HISTÓRICO DE FALHAS DOS ITENS FÍSICOS				
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	**Sistema nº** **FPQM-03**	**Equipe:**		**Folha Nº** 03 de 04
	SUBSISTEMA DEPURAÇÃO	**Subsistema** A	**Analista:**	**Data:** 28/06/03	

Nº	ITEM FÍSiCO	DATA	TAREFA / MODO DE FALHA
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	06/01/95	Troca das gaxetas.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	06/01/95	Troca dos rolamentos.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	20/04/95	Troca dos retentores.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	20/04/95	Troca das gaxetas.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	20/04/95	Troca dos rolamentos.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	26/01/96	Troca dos retentores.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	26/01/96	Troca das gaxetas.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	26/01/96	Troca dos rolamentos.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	10/05/00	Troca dos retentores.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	10/05/00	Troca das gaxetas.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	10/05/00	Troca dos rolamentos.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	28/08/02	Troca dos retentores.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	28/08/02	Troca das gaxetas.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	28/08/02	Troca dos rolamentos.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	28/08/02	Troca da luva protetora do eixo.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	22/10/00	Troca dos rolamentos do eixo do motor elétrico.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	12/09/01	Troca dos rolamentos do eixo do motor elétrico.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	12/09/01	Troca das tampas do motor elétrico.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	12/09/01	Contaminação do rotor do motor elétrico com impurezas.
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	24/01/03	Troca dos rolamentos.

MCC	PLANILHA DE IDENTIFICAÇÃO DO HISTÓRICO DE FALHAS DOS ITENS FÍSICOS			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	**Sistema nº** FPQM-03	**Equipe:**	**Folha Nº** 04 de 04
	SUBSISTEMA DEPURAÇÃO	**Subsistema** A	**Analista:**	**Data:** 28/06/03

Nº	ITEM FÍSiCO	DATA	TAREFA / MODO DE FALHA
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	24/01/03	Troca da tampa traseira.
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	27/09/02	Troca dos rolamentos.
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	27/09/02	Desgaste da tampa traseira.
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	17/04/02	Troca dos rolamentos.
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	08/05/00	Troca dos rolamentos.

ANEXO 8

Planilha para descrição das funções e falhas funcionais

MCC	PLANILHA DE DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES E FALHAS FUNCIONAIS			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:	Folha Nº 01 de 05
	SUBSISTEMA Depuração	Subsistema A	Analista:	Data: 28/06/03

Nº	FUNÇÃO	Nº	FALHA FUNCIONAL
F-01	Separar feixes longos de fibras, cavacos, lascas, cascas e demais rejeitos diversos, com tamanho maior que 10 mm da polpa.	FF-01	Não operar completamente a separação de feixes longos de fibras, cavacos, lascas, cascas e demais rejeitos com tamanho maior que 10 mm da polpa.
		FF-02	Não separar adequadamente feixes longos de fibras, cavacos, lascas, cascas e outros rejeitos com tamanho maior que 10 mm da polpa.
		FF-03	Rejeitar as fibras boas da polpa com os feixes longos de fibras, lascas, cascas e outros rejeitos com tamanho maior que 10 mm.
F-02	Conter o fluxo de polpa para realizar a depuração pressurizada.	FF-04	Não conter o fluxo da polpa para realizar a depuração pressurizada.
F-03	Armazernar temporariamente e garantir a transferência da água da gaxeta e polpa perdida do porão.	FF-05	Não operar completamente o subsistema de armazenagem e transferência da água da gaxeta e polpa perdida do porão.
F-04	Reter o refluxo da polpa parcialmente depurada para a bomba M06.	FF-06	Não reter o refluxo de polpa parcialmente depurada para a bomba M06.
F-05	Garantir o refluxo de polpa parcialmente depurada para esgotar a tubulação.	FF-07	Não garantir o refluxo de polpa parcialmente depurada para esgotar a tubulação.
F-06	Armazenar polpa parcialmente depurada para manter constante o nível de produção da fábrica.	FF-08	Transbordar o tanque T-600-06.
F-07	Separar pressurizadamente as fibras com dimensões superiores a 0,76 mm da polpa parcialmente depurada.	FF-09	Não operar completamente a separação pressurizada.
		FF-10	Não separar as fibras com dimensões superiores a 0,76 mm da polpa parcialmente depurada.
		FF-11	Rejeitar todo o fluxo de polpa do depurador para a refinação (entupimento do processo de depuração).

MCC	PLANILHA DE DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES E FALHAS FUNCIONAIS				
	SISTEMA **PREPARAÇÃO DA POLPA**	**Sistema nº** **FPQM-03**	**Equipe:**		**Folha Nº** **02 de 05**
	SUBSISTEMA **Depuração**	**Subsistema** **A**	**Analista:**	**Data:** **28/06/03**	

Nº	FUNÇÃO	Nº	FALHA FUNCIONAL
F-08	Regular o diferencial de pressão de 0,5 kgf/cm^2 entre a linha de entrada e saída da depuração pressurizada.	FF-12	Não regular o diferencial de pressão entre a linha de entrada e saída da depuração pressurizada.
F-09	Permitir a drenagem de polpa do depurador pressurizado para realizar a manutenção e permitir a separação do material pesado.	FF-13	Não permitir a drenagem da polpa do depurador pressurizado e não permitir a separação do material pesado.
F-10	Permitir o fluxo da polpa rejeitada da depuração pressurizada para a refinação.	FF-14	Não permitir o fluxo da polpa rejeitada pela depuração pressurizada para o refinação.
F-11	Indicar a pressão da linha de entrada de polpa do depurador pressurizado.	FF-15	Não indicar a pressão da linha de entrada da polpa do depurador.
		FF-16	Indicar indevidamente a pressão da linha de entrada da polpa do depurador.
F-12	Indicar a pressão da linha de saída de polpa aceita do depurador pressurizado.	FF-17	Não indicar a pressão da linha de saída de polpa aceita do depurador.
		FF-18	Indicar indevidamente a pressão da linha de saída de polpa aceita do depurador.
F-13	Indicar a pressão da linha de saída de rejeitos leves do depurador pressurizado.	FF-19	Não indicar a pressão da linha de saída de rejeitos leves do depurador.
		FF-20	Indicar indevidamente a pressão da linha de saída de rejeitos leves do depurador.
F-14	Indicar a pressão da linha de pressão da bomba M 07.	FF-21	Não indicar a pressão da linha de descarga da bomba M 07.
		FF-22	Indicar indevidamente a pressão da linha de descarga da bomba M 07.

MCC	PLANILHA DE DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES E FALHAS FUNCIONAIS			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:	Folha Nº 03 de 05
	SUBSISTEMA Refinamento	Subsistema B	Analista:	Data: 28/06/03

Nº	FUNÇÃO	Nº	FALHA FUNCIONAL
F-15	Cisalhar as fibras rejeitadas do depurador no grau de refinação adequado.	FF-34	Não cisalhar nenhuma quantidade de fibra rejeitada do depurador
		FF-35	Não cisalhar a polpa rejeitada do depurador no grau de refinação adequado
F-16	Regular o fluxo e a pressão do refinador.	FF-36	Não controlar o fluxo e a pressão do refinador
F-17	Permitir o fluxo de pasta refinada ao tanque T-600-08.	FF-37	Não Permitir o fluxo de pasta refinada ao tanque T-600-08
F-18	Permitir a atividade de manutenção do refinador.	FF-38	Não permitir a atividade de manutenção do refinador
F-19	Indicar a contra pressão da água no refinador.	FF-39	Não indicar a contrapressão da água do refinador
		FF-40	Indicar indevidamente a contrapressão da água do refinador
F-20	Indicar a pressão de entrada da polpa no refinador.	FF-41	Não indicar a pressão de entrada da polpa no refinador
		FF-42	Indicar indevidamente a pressão de entrada da massa no refinador
F-21	Indicar a pressão de saída da massa do refinador.	FF-43	Não indicar a pressão de saída da massa no refinador
		FF-44	Indicar indevidamente a pressão de saída da massa no refinador.
F-22	Regular a posição dos discos do refinador.	FF-45	Não regular a posição dos discos do refinador.
F-23	Facilitar as atividades de operação e manutenção dos diversos itens físicos.	FF-46	Não facilitar o desenvolvimento das atividades de operação e manuenção dos diversos componentes do sistema.

MCC	PLANILHA DE DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES E FALHAS FUNCIONAIS			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	**Sistema nº** FPQM-03	**Equipe:**	**Folha Nº** 04 de 05
	SUBSISTEMA Engrossamento	**Subsistema nº** C	**Analista:**	**Data:** 28/06/03

Nº	FUNÇÃO	Nº	FALHA FUNCIONAL
F-24	Engrossar a polpa até atingir a consistência de 4,5 %.	FF-47	Engrossar a polpa com a consistência inferior a 4,5 %.
F-25	Transferir polpa preparada com uma consistência de 3,5 % a uma vazão não inferior 1392 l/min para a fábrica de papel.	FF-48	Não transferir nenhuma quantidade de polpa preparada.
		FF-49	Transferir um vazão inferior a 1392 l/min de polpa preparada.
		FF-50	Transferir pasta preparada com uma consistência inferior a 3,5 %.
F-26	Armazenar até 15 m^3 de água recuperada, limpa e clarificada.	FF-51	Não armazenar nenhuma quantidade de água recuperada, limpa e clarificada.
		FF-52	Armazenar um volume inferior a 15 m^3 de água recuperada, limpa e clarificada.
F-27	Transferir água a uma vazão não inferior a 6000 l/min do tanque para os diversos pontos de consumo de água no processo.	FF-53	Não transferir nenhuma quantidade de água.
		FF-54	Transferir um vazão inferior a 6000 l/min de polpa preparada.
F-28	Controlar o nível de água recuperada, limpa e clarificada.	FF-55	Não controlar o nível de água recuperada, limpa e clarificada.
F-29	Controlar o acionamento da válvula de controle de entrada da água clarificada quando o nível de água recuperada, limpa e clarificada chegar a 7,5 m^3.	FF-56	Não controlar o acionamento da válvula de contole.
F-30	Armazenar 44 m^3 de polpa depurada e engrossada.	FF-57	Não armazenar nenhuma quantidade de polpa depurada e engrossada.
		FF-58	Armazenar um volume inferior a 44 m^3 de polpa depurada e engrossada.

MCC	PLANILHA DE DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES E FALHAS FUNCIONAIS			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	**Sistema nº** FPQM-03	**Equipe:**	**Folha Nº** 05 de 05
	SUBSISTEMA Engrossamento	**Subsistema nº** C	**Analista:**	**Data:** 28/06/03

Nº	FUNÇÃO	Nº	FALHA FUNCIONAL
F-31	Manter homogênea a mistura de polpa engrossada.	FF-59	Não operar completamente.
		FF-60	Não manter homogênea a mistura de polpa engrossada.
F-32	Transmitir sinais da consistência da polpa e controlar a válvula de controle da consistência da pasta.	FF-61	Não transmitir sinais da consistência da pasta.
		FF-62	Não controlar a válvula de controle da consistência.
F-33	Permitir o fluxo em *bypass* para controle manual da consistência da polpa.	FF-63	Não permitir o fluxo em *bypass* para controle manual da consistência da polpa.
F-34	Facilitar as atividades de operação e manutenção dos diversos itens fisicos.	FF-64	Não facilitar o desenvolvimento das atividades de operação e manuenção dos diversos itens fisicos do sistema.
F-35	Regular automaticamente a consistência da polpa.	FF-66	Não regular automaticamente a consistência da polpa.

ANEXO 9

Planilha para associação da falha funcional com os itens físicos

MCC

Planilha para correlação da falha funcional e itens físicos

SISTEMA	SISTEMA Nº	Equipe	Data:
PREPARAÇÃO DA POLPA	FPQM-03		28/06/2003
SUBSISTEMA	**SUBSISTEMA Nº**	Analista	
Depuração	A		

FALHA FUNCIONAL

- FF-01 Não operar completamente a separação de feixes longos de fibras, cavacos, lascas, cascas e demais rejeitos com tamanho maior que 10 mm da polpa.
- FF-02 Não separar adequadamente feixes longos de fibras, cavacos, lascas, cascas e outros rejeitos com tamanho maior que 10 mm da polpa.
- FF-03 Rejeitar as fibras boas da polpa com os feixes longos de fibras, lascas, cascas e outros rejeitos com tamanho maior que 10 mm.
- FF-04 Não conter o fluxo da polpa para realizar a depuração pressurizada.
- FF-05 Não operar completamente o subsistema de armazenagem e transferência da água da gaxeta e polpa perdida do porão.
- FF-06 Não reter o refluxo de polpa parcialmente depurada para a bomba M06.
- FF-07 Não garantir o refluxo de polpa parcialmente depurada para esgotar a tubulação.
- FF-08 Transbordar o tanque T-600-06.
- FF-09 Não operar completamente a separação pressurizada.
- FF-10 Não separar as fibras com dimensões superiores a 0,76 mm da polpa parcialmente depurada.
- FF-11 Rejeitar todo o fluxo de polpa do depurador para a refinação (entupimento do processo de depuração).
- FF-12 Não regular o diferencial de pressão entre a linha de entrada e saída da depuração pressurizada.
- FF-13 Não permitir a drenagem da polpa do depurador pressurizado e não permitir a separação do material pesado.
- FF-14 Não permitir o fluxo da polpa rejeitada pela depuração pressurizada para o refinação.
- FF-15 Não indicar a pressão da linha de entrada da polpa do depurador.
- FF-16 Indicar indevidamente a pressão da linha de entrada da polpa do depurador.
- FF-17 Não indicar a pressão da linha de saída de polpa aceita do depurador.
- FF-18 Indicar indevidamente a pressão da linha de saída de polpa aceita do depurador.
- FF-19 Não indicar a pressão da linha de saída de rejeitos leves do depurador.
- FF-20 Indicar indevidamente a pressão da linha de saída de rejeitos leves do depurador.
- FF-21 Não indicar a pressão da linha de descarga da bomba M 07.
- FF-22 Indicar indevidamente a pressão da linha de descarga da bomba M 07.

No	Descrição		FF-01	FF-02	FF-03	FF-04	FF-05	FF-06	FF-07	FF-08	FF-09	FF-10	FF-11	FF-12	FF-13	FF-14	FF-15	FF-16	FF-17	FF-18	FF-19	FF-20	FF-21	FF-22	
		C_H	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
		C_A	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
	ITENS FÍSICOS	C_E	3	2	2	4	2	1	1	1	5	3	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	
No	**Descrição**	D_M																							I_{CE}
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	3	5	5	4																				99
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	5				3					5														185
IF-03	Válvula da linha de sucção da bomba M06.	4																							0
IF-04	Válvula de retenção da bomba M 06.	3						5																	15
IF-05	Válvula controladora do refluxo para o tanque T-600-7.	3							5																15
IF-06	Válvula dos chuveiros do classificador vibratório.	1			1																				2
IF-07	Chuveiro do classificador vibratório.	3			3																				18
IF-08	Conjunto motobomba M 07.	3					5																		30
IF-09	Válvula da linha de sucção da bomba M 07.	4																							0
IF-10	Válvula da linha de recalque da bomba M 07.	2																							0
IF-11	Tanque de armazenamento T-600-07.	2																							0
IF-12	Poço coletor de vazamento.	3					5																		30
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	5				3					5	5	5												310
IF-14	Válvula de entrada de polpa do depurador .	3																							0
IF-15	Válvula de polpa aceita do depurador.	2											2	5											28
IF-16	Válvula de dreno de lavagem do depurador.	2																							0
IF-17	Válvula de drenagem do depurador.	2													5										10
IF-18	Válvula de rejeitos leves do depurador.	3														4									24
IF-19	Tubulação de polpa e acessórios entre o tanque T-600-07 e depurador.	2				5																			40
IF-20	Tubulação de polpa e acessórios para refluxo de polpa para o tanque T-600-07.	1							1																1
IF-21	Tubulação de polpa e acessórios entre o depurador e o refinador.	2														2									8
IF-22	Tubulação de polpa e acessórios entre o depurador e o Side Hill.	2											2												8
IF-23	Tubulação de drenagem do poço coletor.	1																							0

ANEXO 10

Planilha para análise dos modos e efeitos de falhas

MCC

PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS

SISTEMA	Sistema nº	Equipe:	Folha Nº
PREPARAÇÃO DA POLPA	FPQM-03		01 de 29
SUBSISTEMA	**Subsistema nº**	**Analista:**	**Data**
Depuração	**A**		28/06/03

FUNÇÃO: F-01	Separar feixes longos de fibras, cavacos, lascas, cascas e demais rejeitos diversos, com tamanho maior que 10 mm da polpa.	**FALHA FUNCIONAL:** FF-01	Não operar completamente a separação de feixes longos de fibras, cavacos, lascas, cascas e demais rejeitos com tamanho maior que 10 mm da polpa.

ITEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIAS DA FALHA	D.D
IF-01 Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	MF-01 Motor elétrico do classificador queimado.	A - Perda de isolamento devido à umidade. B - Travamento dos mancais devido a sujeiras.	Pára completamente o classificador vibratório. No painel a corrente elétrica cai a zero. A peneira transborda. 2 horas de paralização para a troca e instalação de um outro motor. O nível de produção do sistema de desfibramento é diminuído [A, B].	S
IF-01 Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	MF-02 Sobrecarga do motor elétrico do classificador.	A - Excesso de polpa para o peneiramento.	Pára completamente o classificador vibratório. No painel a corrente elétrica cai a zero. A peneira transborda. 10 minutos de paralização para a limpeza da peneira [A].	S
IF-01 Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	MF-03 Ruptura da mola do classificador vibratório.	A - Fadiga do material da mola.	O motor permanece ligado e a peneira continua a realizar seu movimento, porém descontroladamente. No painel a corrente elétrica sobe. 30 minutos de paralização para a instalação de uma nova mola. O nível de produção do sistema de desfibramento é diminuído durante o período de manutenção[A].	S

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:	Folha Nº 02 de 29
	SUBSISTEMA Depuração	Subsistema nº A	Analista:	Data 28/06/03

ITEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIAS DA FALHA	D.D
IF-01 Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	MF-04 Ruptura do acoplamento elástico do classificador.	A - Fadiga do elastômero do acoplamento elástico.	A peneira pára de vibrar. O motor elétrico permanece ligado. A corrente elétrica do motor cai praticamente a zero. Inicia um acumulo de polpa sobre a peneira. 30 minutos de paralização para a instalação de um novo acoplamento. O nível de produção do sistema de desfibramento é diminuído durante o período de manutenção [A].	S
IF-01 Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	MF-05 Falha dos rolamentos do eixo de acoplamento do classificador.	A - Fim de vida útil do rolamento (Fadiga).	Ocorre um forte ruído no local da máquina. O motor elétrico continua funcionando. No painel, a corrente elétrica do motor sobe instantaneamente. Uma hora de paralização para a instalação de um novo rolamento. O nível de produção do sistema de desfibramento é diminuído durante o período de manutenção[A].	S
		B - Falta de lubrificação.	Ocorre uma aumento da temperatura do mancal. No painel, a corrente elétrico aumenta gradativamente. Uma hora de paralização para a instalação de um novo rolamento. O nível de produção do sistema de desfibramento é diminuído durante o período de manutenção[B].	S

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:	Folha Nº 03 de 29
	SUBSISTEMA Depuração	Subsistema nº A	Analista:	Data 28/06/03

ITEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIAS DA FALHA	D.D
IF-01 Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	MF-06 Ruptura da estrutura de sustentação das peneiras.	A - Fadiga devido a vibração das peneiras. B - Corrosão devido a acidez da polpa.	A peneira vibra com movimento descontrolado. Ocorre um forte ruído no local. A corrente elétrica do motor sobe. 30 minutos de paralização para a soldagem da estrutura de sustentação. O nível de produção do sistema de desfibramento é diminuído durante o período de manutenção[A, B].	S
IF-01 Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	MF-07 Furação da chapa protetora do rotor excêntrico da peneira vibratória.	A - Incidência direta do jato do chuveiro da peneira vibratória.	Ocorre inundamento do rotor excêntrico. A peneira começa a vibrar em uma freqüência diferente da de projeto. A corrente elétrica do motor sobe. Aproximadamente meia hora para realizar a soldagem da chapa protetora [A].	S
IF-01 Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	MF-08 Ruptura das correias do classificador vibratório.	A - Fim de vida útil da correia.	O motor permanece ligado mas a peneira seu movimento. No painel a corrente elétrica cai a aproximadamente a zero. Ocorre inundamento da peneira com polpa proveniente dos desfibradores. A limpeza e manutenção do equipamento leva cerca de 1 hora. O nível de produção dos desfibradores é diminuído durante a manutenção [A, B].	S

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA **PREPARAÇÃO DA POLPA**	**Sistema nº** **FPQM-03**	**Equipe:**	**Folha Nº** **04 de 29**
	SUBSISTEMA **Depuração**	**Subsistema nº** **A**	**Analista:**	**Data** 28/06/03

FUNÇÃO: F-01 Separar feixes longos de fibras, cavacos, lascas, cascas e demais rejeitos diversos, com tamanho maior que 10 mm da polpa.

FALHA FUNCIONAL: FF-02 Não separar adequadamente feixes longos de fibras, cavacos, lascas, cascas e outros rejeitos com tamanho maior que 10 mm da polpa.

ITEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIAS DA FALHA	D.D
IF-01 Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	MF-09 Fissuramento e deformação da peneira do classificador vibratório.	A - Fadiga do material da peneira devido a vibração.	O classificador vibratório continua sua operação. Alguns minutos depois, começa a subir a pressão na depuração pressurizada devido a grande quantidade de rejeitos. A soldagem da peneira leva cerca de meia hora[A, B].	S
IF-01 Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	MF-10 Lascamento da peneira do classificador vibratório.	A - Fadiga do material da peneira devido a vibração.	O classificador vibratório continua sua operação. Alguns minutos depois, começa a subir a pressão na depuração pressurizada devido a grande quantidade de rejeitos. A soldagem da peneira leva cerca de meia hora se for encontrada a lasca da peneira[A].	S
IF-01 Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	MF-11 Ruptura das chapas laterais de sustentação da peneira do classificador vibratório.	A - Fadiga do material da peneira devido a vibração.	O classificador vibratório continua sua operação. Alguns minutos depois, começa a subir a pressão na depuração pressurizada devido a grande quantidade de rejeitos. A soldagem da chapa lateral da peneira leva cerca de meia hora para ser realizada[A].	S

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA **PREPARAÇÃO DA POLPA**	**Sistema nº** **FPQM-03**	**Equipe:**	**Folha Nº** **05 de 29**
	SUBSISTEMA **Depuração**	**Subsistema nº** **A**	**Analista:**	**Data** 28/06/03

ITEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIAS DA FALHA	D.D
IF-01 Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	MF-12 Afrouxamento dos parafusos de sustentação das chapas laterais da peneira do classificador vibratório.	A - Vibração do conjunto. B - Corrosão das chapas laterais da peneira.	O classificador vibratório continua sua operação porém com um ruído anormal devido ao afrouxamento das chapas laterais. As fibras maiores fluem pela fenda surgida. Alguns minutos depois, aumenta a pressão na depuração pressurizada devido a grande quantidade de rejeitos. O reaperto dos parafusos leva cerca de 15 minutos para ser realizado[A , B].	S
IF-01 Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	MF-13 Desgaste dos orifícios da peneira.	A - Abrasão da polpa.	O classificador vibratório continua sua operação. Ocorre uma passagem de uma pequena quantidade de rejeito na peneira. O modo de falha é de difícil identificação. Após a constatação do modo de falha, a troca da peneira pode levar 4 dias[A].	S

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:	Folha Nº 06 de 29
	SUBSISTEMA Depuração	Subsistema nº A	Analista:	Data 28/06/03

FUNÇÃO: F-01	Separar feixes longos de fibras, cavacos, lascas, cascas e demais rejeitos diversos, com tamanho maior que 10 mm da polpa.	FALHA FUNCIONAL: FF-03	Rejeitar as fibras boas da polpa com os feixes longos de fibras, lascas, cascas e outros rejeitos com tamanho maior que 10 mm.

ITEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIAS DA FALHA	D.D
IF-01 Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	MF-14 Entupimento dos orifícios da peneira do classificador vibratório.	A - Baixo nível do reservatório do classificador vibratório . B - Deslizamento das correias da transmissão devido a um mal esticamento que provoca alteração da oscilação da peneira do classificador vibratório.	A peneira e motor opera normalmente porém, ocorre um rejeito grande de polpa. Ocorre o entupimento da peneira. Após a constatação do modo de falha, o operador leva alguns segundos para regular o novo nível de operação. As conseqüências da falha são pequenas e insignificantes perda de polpa [A, B].	S
IF-07 Chuveiro do classificador vibratório.	MF-15 Entupimento do bico aspersor do chuveiro do classificador vibratório.	A - Existência de pequenas partículas de fibras na água recuperada dos chuveiros.	A peneira e motor operam normalmente. Ocorre uma diminuição do volume de água injetada na polpa. A limpeza do bico aspersor leva alguns minutos, após percebida pelo operador [A].	S
IF-07 Chuveiro do classificador vibratório.	MF-16 Ruptura do bico aspersor do chuveiro do classificador vibratório.	A - Vibração da estrutura de sustentação dos bicos do chuveiro do classificador vibratório.	A peneira e motor operam normalmente. Ocorre uma diminuição do volume de água injetada na polpa. A troca do bico aspersor leva cerca de meia hora, após percebido pelo operador [A].	S

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA **PREPARAÇÃO DA POLPA**	**Sistema nº** **FPQM-03**	**Equipe:**	**Folha Nº** **07 de 29**
	SUBSISTEMA **Depuração**	**Subsistema nº** **A**	**Analista:**	**Data** 28/06/03

FUNÇÃO: F-02 Conter o fluxo de polpa para realizar a depuração pressurizada.	**FALHA FUNCIONAL:** FF-04 Não conter o fluxo da polpa para realizar a depuração pressurizada.

ITEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIAS DA FALHA	D.D
IF-02 Conjunto motobomba M 06.	MF-17 Desgaste das gaxetas da bomba M06.	A - Envelhecimento natural do material. B - Falta de lubrificação. C - Pressão de montagem imprópria.	Vazamento de pequena quantidade de polpa pela gaxeta da bomba. O vazamento é encaminhado ao poço coletor e depois é encaminhado para as lagoas de contenção. O modo de falha pode ser reparado em 2 horas após constatado o problema [A,B,C].	S
IF-02 Conjunto motobomba M 06.	MF-18 Desgaste da luva de desgaste do eixo da bomba M06.	A - Desgaste abrasivo devido ao movimento do eixo. B - Pressão de montagem imprópria.	Vazamento de pequena quantidade de polpa pela gaxeta da bomba. O vazamento é encaminhado ao poço coletor e depois é encaminhado para as logoas de contenção. O modo de falha pode ser reparado em 2 horas após constatado o problema [A,B].	S
IF-13 Conjunto depurador pressurizado.	MF-19 Desgaste das gaxetas do depurador.	A - Envelhecimento natural do material. B - Falta de lubrificação. C - Pressão de montagem imprópria.	Vazamento de pequena quantidade de polpa pela gaxeta do depurador. O vazamento é encaminhado ao tanque T600-06. O item físico pode operar até o intervalo de parada e após o modo de falha leva cerca de 4 horas para ser reparado [A,B,C].	S

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA **PREPARAÇÃO DA POLPA**	**Sistema nº** **FPQM-03**	**Equipe:**	**Folha Nº** **08 de 29**
	SUBSISTEMA **Depuração**	**Subsistema nº** **A**	**Analista:**	**Data** 28/06/03

ITEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIAS DA FALHA	D.D
IF-13 Conjunto depurador pressurizado.	MF-20 Desgaste da luva de desgaste do eixo.	A - Desgaste abrasivo devido ao movimento do eixo. B - Pressão de montagem imprópria.	Vazamento de pequena quantidade de polpa pela gaxeta do depurador. O vazamento é encaminhado ao tanque T600-06. O item físico pode operar até o intervalo de parada e após o modo de falha leva serca de 1,5 horas para ser reparado [A,B].	S
IF-13 Conjunto depurador pressurizado.	MF-21 Afrouxamento da porca borboleta do prensa gaxetas.	A - Vibração da depurador pressurizado.	Vazamento de grande quantidade de polpa pela gaxeta do depurador. O vazamento é encaminhado ao tanque T600-06. O equipamento deve ser desligado. O modo de falha pode ser reparado em 30 minutos ou menos após constatado o problema. Durante o período de manutenção os desfibradores devem ser desligados [A].	S
IF-13 Conjunto depurador pressurizado.	MF-22 Ruptura do parafuso do prensa gaxetas.	A - Fratura por fadiga devido a vibração do depurador pressurizado.	Vazamento de grande quantidade de polpa pela gaxeta do depurador. O vazamento é encaminhado ao tanque T600-06. O item físico deve ser desligado. O modo de falha pode ser reparado em 1 hora após constatado o problema. Durante o período de manutenção os desfibradores devem ser desligados [A].	S

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA **PREPARAÇÃO DA POLPA**	**Sistema nº** **FPQM-03**	**Equipe:**	**Folha Nº** **09 de 29**
	SUBSISTEMA **Depuração**	**Subsistema nº** **A**	**Analista:**	**Data** 28/06/03

ITEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIAS DA FALHA	D.D
IF-13 Conjunto depurador pressurizado.	MF-23 Ruptura da tampa do depurador.	A - Desgaste abrasivo devido ao fluxo de polpa sobre a tampa do depurador.	Vazamento de grande quantidade de polpa pela tampa do depurador. O vazamento é encaminhado ao tanque T600-06. O item físico é desligado. O modo de falha pode ser reparado em 5 horas após constatado o problema. O modo de falha causa conseqüências na produção da fábrica de papel pois o estoque é para 4 horas de funcionamento [A].	S
IF-19 Tubulação de polpa e acessórios entre o tanque T-600-07 e depurador.	MF-24 Aparecimento de furos na tubulação e acessórios.	A - Desgaste abrasivo.	Grande vazamento de polpa pela tubulação. O processo de depuração é desligado. A polpa da tubulação é drenada. A soldagem emergencial é realizada em cerca de 30 minutos. Neste período os desfibradores devem ser desligados. A troca da tubulação leva cerca de 2 horas.	
	MF-25 Fissuramento da tubulação.	A - Vibração da tubulação ocasionada pela bomba.	Pequeno vazamento de polpa pela tubulação. A operação do subsistema pode ocorrer até o turno de parada.	S
	MF-26 Desgaste das juntas das flanges de vedação.	A - Vibração da tubulação ocasionada pela bomba.	Idem anterior.	S
	MF-27 Afrouxamento dos parafusos das flanges das juntas	A - Vibração da tubulação ocasionada pela bomba.	Idem anterior.	S
	MF-28 Fissuramento das juntas soldadas de vedação.	A - Vibração da tubulação ocasionada pela bomba.	Idem anterior.	S

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA **PREPARAÇÃO DA POLPA**	**Sistema nº** **FPQM-03**	**Equipe:**	**Folha Nº** **10 de 29**
	SUBSISTEMA **Depuração**	**Subsistema nº** **A**	**Analista:**	**Data** 28/06/03

FUNÇÃO: F-03 Armazernar temporariamente e garantir a transferência da água da gaxeta e polpa perdida do porão.	**FALHA FUNCIONAL:** FF-05 Não operar completamente o subsistema de armazenagem e transferência da água da gaxeta e polpa perdida do porão.

ITEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIAS DA FALHA	D.D
IF-08 Conjunto motobomba M 07.	MF-29 Entrada de ar falsa na sucção.	A - Desgaste das juntas. B - Trinca da solda. C - Trinca da tubulação.	Inundamento do porão da bomba M06. Os modos de falha são reparados em no máximo 30 minutos. A bomba M06 e a água da gaxeta devem ser desligada. Durante este período a produção dos desfibradores é interrompida [A,B,C].	S
	MF-30 Boia furada.	A - Corrosão.	Inundamento do porão da bomba M06. O modo de falha é reparados em no máximo 30 minutos. A bomba M06 e a água da gaxeta devem ser desligada. Durante este período a produção dos desfibradores é interrompida [A].	S
	MF-31 Não fechamento dos contatos do *micro-swith.*	A - Oxidação dos contatos. B - Sujeira nos contatos.	Inundamento do porão da bomba M06. Os modos de falha são reparados em no máximo 30 minutos. A bomba M06 e a água da gaxeta devem ser desligada. Durante este período a produção dos desfibradores é interrompida [A].	S
	MF-32 Entupimento do rotor da bomba M07.	A - Endurecimento de polpa perdida no rotor da bomba M07.	Inundamento do porão da bomba M06. O modo de falha é reparados em cerca de 1 hora. A bomba M06 e a água da gaxeta devem ser desligada. Durante este período a produção dos desfibradores é interrompida [A].	S

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:	Folha Nº 11 de 29
	SUBSISTEMA Depuração	Subsistema nº A	Analista:	Data 28/06/03

FUNÇÃO: F-04 Reter o refluxo da polpa parcialmente depurada para a bomba M06.	FALHA FUNCIONAL: FF-06 Não reter o refluxo de polpa parcialmente depurada para a bomba M06.

ITEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIAS DA FALHA	D.D
IF-04 Válvula de retenção da bomba M 06.	MF-33 Falta de estanqueidade da válvula de retenção.	A - Desgaste do eixo da potinhola. B - Desgaste da tampa da portinhola. C - Desgaste do anel sede da portinhola.	O fluxo de polpa retorna a bomba M06, provocando o fluxo do rotor no sentido contrário e afrouxando a porca do rotor. A água escoa pela gaxeta da bomba, a polpa se acumula na tubulação. Haverá problemas na partida da bomba [A,B,C].	S

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA **PREPARAÇÃO DA POLPA**	**Sistema nº** **FPQM-03**	**Equipe:**	**Folha Nº** **12 de 29**
	SUBSISTEMA **Depuração**	**Subsistema nº** **A**	**Analista:**	**Data** 28/06/03

FUNÇÃO: F-05 Garantir o refluxo de polpa parcialmente depurada para esgotar a tubulação.	**FALHA FUNCIONAL:** FF-07 Não garantir o refluxo de polpa parcialmente depurada para esgotar a tubulação.

ITEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIAS DA FALHA	D.D
IF-05 Válvula controladora do refluxo para o tanque T-600-7.	MF-34 Travamento da válvula controladora de refluxo.	A - Incrustrações de polpa na sede da válvula.	Entupimento da tubulação entre a bomba T-600-06 e o depurador. A tubulação deverá ser desmontada para efetuar a limpeza. A manutenção dura aproximadamente 2 horas. Neste período a produção dos desfribradores é interrompida.	S
IF-20 Tubulação de polpa e acessórios para refluxo de polpa para o tanque T-600-07.	MF-35 Entupimento da tubulação de refluxo de polpa.	A - Endurecimento da polpa na tubulação de refluxo.	Entupimento da tubulação entre a bomba T-600-06 e o depurador. A tubulação deverá ser desmontada para efetuar a limpeza. A manutenção dura aproximadamente 2 horas. Neste período a produção dos desfribradores é interrompida.	S

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA **PREPARAÇÃO DA POLPA**	**Sistema nº** **FPQM-03**	**Equipe:**	**Folha Nº** **13 de 29**
	SUBSISTEMA **Depuração**	**Subsistema nº** **A**	**Analista:**	**Data** 28/06/03

FUNÇÃO: F-06 Armazenar polpa parcialmente depurada para manter constante o nível de produção da fábrica.	**FALHA FUNCIONAL:** FF-08 Transbordar o tanque T-600-06.

ÍTEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIAS DA FALHA	D.D
IC-01 Transmissor de nível do tanque T-600-07.	MF-36 Indicação indevida do transmissor de nível.	A - Obstrução do sensor de membrana do transmissor de nível.	O alarme de tanque cheio não soa, o tanque transborda. O piso próximo as peneiras fica completamente inundado de polpa. A polpa passa para o porão da bomba M06. Pode demorar até um minuto para o pessoal de operação perceber e desligar os desfibradores [A].	S

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA **PREPARAÇÃO DA POLPA**	**Sistema nº** **FPQM-03**	**Equipe:**	**Folha Nº** **14 de 29**
	SUBSISTEMA **Depuração**	**Subsistema nº** **A**	**Analista:**	**Data** 28/06/03

FUNÇÃO: F-07 Separar pressurizadamente as fibras com dimensões superiores a 0,76 mm da polpa parcialmente depurada.	**FALHA FUNCIONAL:** FF-09 Não operar completamente a separação pressurizada.

ITEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIAS DA FALHA	D.D
IF-13 Conjunto depurador pressurizado.	MF-37 Ruptura do eixo suporte do rotor do depurador.	A - Fadiga do material do eixo do rotor do depurador.	Se a ruptura for na parte interna ao depurador o processo de depuração pára. O motor elétrico continua operando, a corrente elétrica reduz-se quase a zero. O rotor do depurador choca-se contra a cesta-peneira, rompe a cesta-peneira. A manutenção dura cerca de 10 horas. Há a necessidade de confecção de um novo rotor. Ocorre um aumento no custo de produção de papel. Deverá ser adicionado aparas no mix de papel [A,B].	S
		B - Desalinhamento do eixo suporte do rotor do depurador.	Se a ruptura for na parte interna ao depurador o processo de depuração pára. O motor elétrico continua operando, a corrente elétrica reduz-se quase a zero. A manutenção dura cerca de 10 horas. Há a necessidade de confecção de um novo rotor. Ocorre um aumento no custo de produção de papel. Deverá ser adicionado aparas no mix de papel [A,B].	

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:	Folha Nº 15 de 29
	SUBSISTEMA Depuração	Subsistema nº A	Analista:	Data 28/06/03

ITEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIAS DA FALHA	D.D
IF-13 Conjunto depurador pressurizado.	MF-38 Ruptura do rotor do depurador.	A - Fadiga do suporte do rotor do depurador. B - Desgaste abrasivo causado pelo fluxo de polpa sob o rotor do depurador. C - Impacto devido a soltura dos hidrofólios no rotor do depurador.	Ocorre um forte ruído no local devido a ruptura. O depurador opera com níveis elevados de vibração devido ao desbalanceamento. Pode danificar os mancais de rolamento, romper a cesta-peneira. Para o processo de depuração. Para o processo de desfribramento. 10 horas para realizar a soldagem provisória do rotor e seu balanceamento. Um novo rotor deve ser requisitado para o fabricante com a maior urgência. Ocorre aumento no custo de produção de papel. Deverá ser adicionado aparas no mix de papel. [A,B,C]	S
IF-13 Conjunto depurador pressurizado.	MF-39 Falha dos mancais de rolamento do depurador.	A - Falta de lubrificação dos mancais do depurador. B - Desalinhamento do eixo suporte do rotor do depurador. C - Montagem inprópria dos mancais de rolamento do depurador.	A falha do mancal inicia quando o nível de vibração sobe acima do normal. Ocorre um aquecimento do mancal danificado. O operador percebe um nível de ruído maior no mancal. Em seguida o mancal falha. O depurador para. A manutenção do mancal demora aproximadamente 4 horas. Para o processo de desfibramento. Se a manutenção demorar mais de 4 horas faltará matéria prima na fábrica de papel [A,B,C].	S
IF-13 Conjunto depurador pressurizado.	MF-40 Ruptura das chavetas das polias do depurador.	A - Fadiga da chaveta do eixo do depurador . B - Operação indevida do depurador.	A chaveta rompe, o motor continua operando, a depuração pressurizada para. No painel a corrente elétrica do motor diminui bem abaixo do normal. A fabricação da chaveta e a troca levam cerca de 3 horas. Pára o desfribramento.	S

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:	Folha Nº 16 de 29
	SUBSISTEMA Depuração	Subsistema nº A	Analista:	Data 28/06/03

ITEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIAS DA FALHA	D.D
IF-13 Conjunto depurador pressurizado.	MF-41 Ruptura das correias do depurador.	A - Fagida das correias do depurador. B - Mal tensionamento das correias. C - Operação indevida do depurador.	A correia rompe, o motor continua operando, a depuração pressurizada para. No painel a corrente elétrica do motor diminui bem abaixo do normal. Ocorre entupimento do depurador. O depurador deve ser desligado. O processo de desfibramento deve ser interrompido. A troca leva cerca de 2 horas para ser realizada [A,B,C].	S
IF-13 Conjunto depurador pressurizado.	MF-42 Desarme do motor elétrico do depurador.	A - Sobrecarga devido a excesso de material para depuração ou entupimento da peneira. B - Folga do mancal devido a desgaste da tampa do motor.	A corrente elétrica sobe. Ocorre aquecimento do motor. O motor pára. Se não for percebido rapidamente pela operação ocorre o entupimento da peneira [A,B].	S
IF-13 Conjunto depurador pressurizado.	MF-43 Falha dos rolamentos do motor elétrico do depurador.	A - Falta de lubrificação dos mancais de rolamento do motor elétrico do depurador. B - Montagem imprópria dos mancais de rolamento do motor elétrico do depurador.	A falha do mancal inicia quando o nível de vibração sobe acima do normal. Ocorre um aquecimento do mancal danificado. O operador percebe um nível de ruído maior no mancal. Em seguida o mancal falha. O depurador pára de operar. A manutenção do mancal demora aproximadamente 3 horas. Neste intervalo para o processo de desfibramento e depuração [A,B].	S

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:	Folha Nº 17 de 29
	SUBSISTEMA Depuração	Subsistema nº A	Analista:	Data 28/06/03

ITEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIAS DA FALHA	D.D
IF-02 Conjunto motobomba M 06.	MF-44 Desarme do motor elétrico da bomba M06.	A - Fluxo elevado durante longo período de tempo. B - Entupimento do rotor por taliscas e cascas. C - Folga do mancal devido a desgaste da tampa do motor. D - Montagem imprópria das gaxetas da bomba M06.	Ocorre um aquecimento do motor e o desarme da chave de segurança. O motor elétrico para. A polpa é esgotada da tubulação. O retorno do motor em operação leva cerca de 5 minutos [A,B,C]. Ocorre o desarme do motor frequentemente [D].	S
IF-02 Conjunto motobomba M 06.	MF-45 Falha dos rolamentos do motor elétrico da bomba M06.	A - Falta de lubrificação dos mancais de rolamento do motor elétrico da bomba M06. B - Montagem imprópria dos mancais de rolamento do motor elétrico da bomba M06.	A falha do mancal inicia quando o nível de vibração sobe acima do normal. Ocorre aquecimento do mancal danificado. Em seguida o mancal falha. O depurador para de operar. A manutenção do mancal demora aproximadamente 3 horas [A,B].	S
IF-02 Conjunto motobomba M 06.	MF-46 Ruptura do acoplamento elástico da bomba M06.	A - Fadiga do acoplamento. B - Montagem imprópria. Desalinhamento muito grande entre eixo motor e movido.	O motor elétrico da bomba opera. A corrente elétrica no painel cai próximo a zero. A pressão no depurador caí a zero. A polpa é esgotada da tubulação. A troca do acoplamento elástico leva aproximadamente meia hora [A,B].	S

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA **PREPARAÇÃO DA POLPA**	**Sistema nº** **FPQM-03**	**Equipe:**	**Folha Nº** **18 de 29**
	SUBSISTEMA **Depuração**	**Subsistema nº** **A**	**Analista:**	**Data** 28/06/03

ÍTEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIAS DA FALHA	D.D
IF-02 Conjunto motobomba M 06.	MF-48 Despreendimento do rotor da bomba M06.	A - Refluxo na bomba M06.	O rotor da bomba se solta. O movimento do eixo acaba danificando o rotor. A pressão e o fluxo caem a zero. A corrente elétrica do motor da bomba diminui. A corrente elétrica do depurador diminui. A manutenção demora cerca de 2 horas. Neste período para o processo de desfibramento.	S
IF-02 Conjunto motobomba M 06.	MF-49 Ruptura da chaveta do eixo da bomba M06.	A - Fadiga na chaveta. B - Operação indevida.	A chaveta rompe, o motor continua operando, a bomba para, a depuração pressurizada para. No painel a corrente elétrica do motor diminui bem abaixo do normal. A manutenção leva cerca de uma hora para ser executada. Neste período o processo de desfibramento é interrompido [A,B].	S
IF-02 Conjunto motobomba M 06.	MF-50 Ruptura do eixo da bomba M06.	A - Fadiga do eixo. B - Manutenção imprópria.	A corrente elétrica do motor cai próximo a zero. A vazão e pressão caem a zero. Para o processo de depuração pressurizada [A,B].	S

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA **PREPARAÇÃO DA POLPA**	**Sistema nº** **FPQM-03**	**Equipe:**	**Folha Nº** **19 de 29**
	SUBSISTEMA **Depuração**	**Subsistema nº** **A**	**Analista:**	**Data** 28/06/03

ITEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIAS DA FALHA	D.D
IF-02 Conjunto motobomba M 06.	MF-51 Ruptura do rotor da bomba M06.	A - Entrada de objetos metálicos estranhos como chaves, parafusos, etc.	Os pedaços do rotor ficam dentro da bomba ou podem ser encaminhados para o depurador. O rendimento da bomba cai. O desbalancemanto pode provocar o aumento da corrente elétrico e desarme do motor [A].	S
IF-02 Conjunto motobomba M 06.	MF-52 Entupimento do rotor da bomba M06.	A - Entrada de taliscas, cascas e fibras longas.	A vazão e pressão da bomba diminui. A refinação pressurizada fica prejudicada. Cai o diferencial de pressão entre entrada e saída da depuração. Ocorre o entupimento da peneira [A].	S

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA **PREPARAÇÃO DA POLPA**	**Sistema nº** **FPQM-03**	**Equipe:**	**Folha Nº** **20 de 29**
	SUBSISTEMA **Depuração**	**Subsistema nº** **A**	**Analista:**	**Data** 28/06/03

FUNÇÃO: F-07 Separar pressurizadamente as fibras com dimensões superiores a 0,76 mm da polpa parcialmente depurada.	**FALHA FUNCIONAL:** FF-10 Não separar as fibras com dimensões superiores a 0,76 mm da polpa parcialmente depurada.

ITEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIAS DA FALHA	D.D
IF-13 Conjunto depurador pressurizado.	MF-53 Aumento do tamanho das fendas da cesta-peneira do depurador pressurizado.	A - Desgaste abrasivo devido a passagem de polpa. B - Desgaste abrasivo devido a passagem de o.bjetos estranhos pelas fendas	As fibras com dimensão superior a 0,76 mm passarão pelo depurador, Após 5 horas aproximadamente, será percebida pelo pessoal de operação da fábrica de papel, quando for formada a folha. Baixa a qualidade do papel. Dependendo das características do papel produzido, a produção poderá ser perdida. A peneira deve ser trocada [A,B].	S
IF-13 Conjunto depurador pressurizado.	MF-54 Deformação das fendas da cesta-peneira do depurador pressurizado.	A - Passagem de objetos estranhos entre hidrofólio e cesta-peneira.	As fibras com dimensão superior a 0,76 mm passarão pelo depurador. Após 5 horas aproximadamente, será percebida pelo pessoal de operação da fábrica de papel, quando for formada a folha. Baixa a qualidade do papel. Dependendo das características do papel produzido, a produção poderá ser perdida. A peneira poderá ser soldada, levando cerca de 4 horas para a manutenção. Para completamente a FPQM. [A]	S

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA **PREPARAÇÃO DA POLPA**	**Sistema nº** **FPQM-03**	**Equipe:**	**Folha Nº** **21 de 29**
	SUBSISTEMA **Depuração**	**Subsistema nº** **A**	**Analista:**	**Data** 28/06/03

ITEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIAS DA FALHA	D.D
IF-13 Conjunto depurador pressurizado.	MF-55 Ruptura das fendas da cesta-peneira do depurador pressurizado.	A - Entrada de objetos estranhos.	As fibras com dimensão superior a 0,76 mm passarão pelo depurador, Após 5 horas aproximadamente, será percebida pelo pessoal de operação da fábrica de papel, quando for formada a folha. Baixa a qualidade do papel. Dependendo das características do papel produzido, a produção poderá ser perdida [A].	S
IF-13 Conjunto depurador pressurizado.	MF-56 Deslocamento da cesta-peneira do depurador pressurizado.	A - Afrouxamento dos parafusos de fixação da cesta-peneira. B - Ruptura dos parafusos de fixação da cesta-peneira.	As fibras com dimensão superior a 0,76 mm passarão pelo depurador, Após 5 horas aproximadamente, será percebida pelo pessoal de operação da fábrica de papel, quando for formada a folha. Baixa a qualidade do papel. Dependendo das características do papel produzido, a produção poderá ser perdida [A,B].	S

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA **PREPARAÇÃO DA POLPA**	**Sistema nº** **FPQM-03**	**Equipe:**	**Folha Nº** **22 de 29**
	SUBSISTEMA **Depuração**	**Subsistema nº** **A**	**Analista:**	**Data** 28/06/03

FUNÇÃO: F-07	Separar pressurizadamente as fibras com dimensões superiores a 0,76 mm da polpa parcialmente depurada.	**FALHA FUNCIONAL:** FF-11	Rejeitar todo o fluxo de polpa do depurador para a refinação (entupimento do processo de depuração).

ITEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIAS DA FALHA	D.D
IF-13 Conjunto depurador pressurizado.	MF-57 Entupimento da cesta-peneira do depurador.	A - Vazão excessiva de polpa. B - Folga excessiva entre o hidrofólio e a cesta-peneira. C - Pressão de saída muito baixa. D - Impurezas em excesso na polpa. E - Consistência muito elevada da polpa.	A corrente elétrica do depurador aumenta. A pressão na entrada do depurador aumenta. A corrente elétrica do refinador aumenta e este não da conta do processo. Pára o processo de depuração por cerca de 30 minutos [A,B,C,D,E].	S
IF-15 Válvula de polpa aceita do depurador.	MF-58 Entumpimento da válvula de polpa aceita do depurador.	A - Operação indevida (falta de limpeza após parada do sistema).	A corrente elétrica do depurador aumenta. A pressão na entrada e saída do depurador aumenta. A corrente elétrica do refinador aumenta e este não da conta do processo. A limpeza exige a remoção da válvula. Esta dura cerca de 2 horas [A].	S
IF-22 Tubulação de polpa e acessórios entre o depurador e o Side Hill.	MF-59 Entupimento da tubulação.	A - Operação indevida (falta de limpeza após parada do sistema).	A corrente elétrica do depurador aumenta. A pressão na entrada e saída do depurador aumenta. A corrente elétrica do refinador aumenta e este não da conta do processo. A limpeza exige a abertura da tubulação. A manutenção leva cerca de 2 a 3 horas [A].	S

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA **PREPARAÇÃO DA POLPA**	**Sistema nº** **FPQM-03**	**Equipe:**	**Folha Nº** **23 de 29**
	SUBSISTEMA **Depuração**	**Subsistema nº** **A**	**Analista:**	**Data** 28/06/03

FUNÇÃO: F-08	Regular o diferencial de pressão de 0,5 kgf/cm2 entre a linha de entrada e saída da depuração pressurizada.	**FALHA FUNCIONAL:** FF-12	Não regular o diferencial de pressão entre a linha de entrada e saída da depuração pressurizada.

ITEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIAS DA FALHA	D.D
IF-15 Válvula de polpa aceita do depurador.	MF-60 Engripamento da rosca do parafuso de acionamento da válvula de polpa aceita.	A - Corrosão devido ao ambiente externo.	O operador não consegue regular a pressão. A haste da válvula não gira [A].	S
IF-15 Válvula de polpa aceita do depurador.	MF-61 Espanamento da rosca do parafuso de acionamento da válvula de polpa aceita.	A - Corrosão devido ao ambiente externo.	O operador não consegue movimentar a válvula. A haste gira com pouco esforço do operador mas não movimenta a guilhotina [A,B].	S
		B - Excesso de torque de aperto no fechamento da válvula.		
IF-15 Válvula de polpa aceita do depurador.	MF-62 Folga da rosca do parafuso de acionamento da válvula de polpa aceita.	A - Desgaste provocado pelo movimento frequente de abertura e fechamento da válvula.	O operador consegue movimentar a válvula, abrir e fechar, porém não consegue regular a pressão devido a falta de sensibilidade da válvula [A].	S
IF-15 Válvula de polpa aceita do depurador.	MF-63 Travamento interno da guilhotina da válvula de polpa aceita.	A - Obstrução interna de palitos, fibras longas ou polpa endurecida.	O operador não consegue fechar a válvula [A].	S

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:	Folha Nº 24 de 29
	SUBSISTEMA Depuração	Subsistema nº A	Analista:	Data 28/06/03

FUNÇÃO: F-09 Permitir a drenagem de polpa do depurador pressurizado para realizar a manutenção e permitir a separação do material pesado.	FALHA FUNCIONAL: FF-13 Não permitir a drenagem da polpa do depurador pressurizado e não permitir a separação do material pesado.

ITEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIAS DA FALHA	D.D
IF-17 Válvula de drenagem do depurador.	MF-66 Engripamento da rosca do parafuso de acionamento da válvula de drenagem do depurador.	A - Corrosão devido ao ambiente externo.	O operador não consegue abrir a válvula. A haste da válvula não gira [A].	S
IF-17 Válvula de drenagem do depurador.	MF-67 Espanamento da rosca da porca de acionamento da válvula de drenagem do depurador.	A - Corrosão devido ao ambiente externo.	O operador não consegue abrir a válvula. A haste gira com pouco esforço do operador [A,B].	S
		B - Excesso de torque de aperto no fechamento da válvula.		
IF-17 Válvula de drenagem do depurador.	MF-68 Travamento interno da guilhotina.	A - Endurecimento da polpa no interior da válvula provocando a aderência da guilhotina em sua sede.	O operador não consegue abrir a válvula. A haste da válvula não gira [A].	S

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:	Folha Nº 25 de 29
	SUBSISTEMA Depuração	Subsistema nº A	Analista:	Data 28/06/03

FUNÇÃO: F-10 Permitir o fluxo da polpa rejeitada da depuração pressurizada para a refinação.	FALHA FUNCIONAL: FF-14 Não permitir o fluxo da polpa rejeitada pela depuração pressurizada para o refinação.

ITEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIAS DA FALHA	D.D
IF-18 Válvula de rejeitos leves do depurador.	MF-69 Entupimento da válvula de rejeitos leves.	A - Grande quantidade de rejeitos da depuração.	Baixa a pressão na saída do refinador. Ocorre o entupimento do depurador. A corrente elétrica do depurador sobe. A vazão da bomba cai a zero, A pressão aumenta. Se operarar muito tempo em carga máxima, o motor elétrico da bomba desarma. Abre a válvula de refluxo. A polpa retorna para o tanque T-600-06. A limpeza demora cerca de 2 horas para ser realizada [A].	S
IF-21 Tubulação de polpa e acessórios entre o depurador e o refinador.	MF-70 Entupimento da tubulação e acessórios entre o depurador e refinador.	A - Grande quantidade de rejeitos da depuração.	Baixa a pressão na saída do refinador. Ocorre o entupimento do depurador. A corrente elétrica do depurador sobe. A vazão da bomba cai a zero, A pressão aumenta. Se operarar muito tempo em carga máxima, o motor elétrico da bomba desarma. Abre a válvula de refluxo. A polpa retorna para o tanque T-600-06. A limpeza demora cerca de 2 horas para ser realizada [A].	S

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:	Folha Nº 26 de 29
	SUBSISTEMA Depuração	Subsistema nº A	Analista:	Data 28/06/03

FUNÇÃO:	FALHA FUNCIONAL:
F-11 Indicar a pressão da linha de entrada de polpa do depurador pressurizado.	FF-15 Não indicar a pressão da linha de entrada da polpa do depurador. FF-16 Indicar indevidamente a pressão da linha de entrada da polpa do depurador.

ITEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIAS DA FALHA	D.D
IC-05 Manômetro do depurador (entrada da polpa).	MF-71 Quebra do manômetro do depurador (entrada da polpa).	A - Deterioração interna do manômetro. B - Impacto externo no manômetro.	1 - Perda da indicação [A, B]. 2 - Falta de controle na regulagem	S
	MF-72 Desajuste do manômetro do depurador (entrada da polpa).	A - Deterioração interna do manômetro. B - Ajuste indevido do manômetro. C - Vibração externa.	1 - Leitura incorreta [A, B e C].	S

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA **PREPARAÇÃO DA POLPA**	**Sistema nº** **FPQM-03**	**Equipe:**	**Folha Nº** **27 de 29**
	SUBSISTEMA **Depuração**	**Subsistema nº** **A**	**Analista:**	**Data** 28/06/03

FUNÇÃO:	**FALHA FUNCIONAL:**
F-12 Indicar a pressão da linha de saída de polpa aceita do depurador pressurizado.	FF-17 Não indicar a pressão da linha de saída de polpa aceita do depurador. FF-18 Indicar indevidamente a pressão da linha de saída de polpa aceita do depurador.

ITEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIAS DA FALHA	D.D
IC-06 Manômetro do depurador (saída da polpa aceita).	MF-73 Quebra do manômetro do depurador (saída da polpa aceita).	A - Deterioração interna do manômetro. B - Impacto externo no manômetro.	1 - Perda da indicação [A, B]. 2 - Falta de controle na regulagem.	S
	MF-74 Desajuste do manômetro do depurador (saída da polpa aceita).	A - Deterioração interna do manômetro. B - Ajuste indevido do manômetro. C - Vibração externa.	1 - Leitura incorreta [A, B e C].	S

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA **PREPARAÇÃO DA POLPA**	**Sistema nº** **FPQM-03**	**Equipe:**	**Folha Nº** **28 de 29**
	SUBSISTEMA **Depuração**	**Subsistema nº** **A**	**Analista:**	**Data** 28/06/03

FUNÇÃO: F-13	Indicar a pressão da linha de saída de rejeitos leves do depurador pressurizado.	**FALHA FUNCIONAL:**	FF-19 Não indicar a pressão da linha de saída de rejeitos leves do depurador. FF-20 Indicar indevidamente a pressão da linha de saída de rejeitos leves do depurador.

ITEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIAS DA FALHA	D.D
IC-04 Manômetro do depurador (saída de rejeitos leves).	MF-75 Quebra do manômetro do depurador (saída de rejeitos leves).	A - Deterioração interna do manômetro. B - Impacto externo no manômetro.	1 - Perda da indicação [A, B]. 2 - Falta de controle na regulagem.	S
	MF-76 Desajuste do manômetro do depurador (saída de rejeitos leves).	A - Deterioração interna do manômetro. B - Ajuste indevido do manômetro. C - Vibração externa.	1 - Leitura incorreta [A, B e C].	S

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA **PREPARAÇÃO DA POLPA**	**Sistema nº** **FPQM-03**	**Equipe:**	**Folha Nº** **29 de 29**
	SUBSISTEMA **Depuração**	**Subsistema nº** **A**	**Analista:**	**Data** 28/06/03

FUNÇÃO:	**FALHA FUNCIONAL:**
F-14 Indicar a pressão da linha de pressão da bomba M 07.	FF-21 Não indicar a pressão da linha de descarga da bomba M 07. FF-22 Indicar indevidamente a pressão da linha de descarga da bomba M 07.

ITEM FÍSICO	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQÜÊNCIAS DA FALHA	D.D
IC-03 Manômetro da bomba M 07.	MF-77 Quebra do manômetro da bomba M07.	A - Deterioração interna do manômetro. B - Impacto externo no manômetro.	1 - Perda da indicação [A, B]. 2 - Falta de controle na regulagem.	S
	MF-78 Desajuste do manômetro da bomba M07.	A - Deterioração interna do manômetro. B - Ajuste indevido do manômetro. C - Vibração externa.	1 - Leitura incorreta [A, B e C].	S

ANEXO 11

Planilha para seleção de tarefas

MCC	Planilha para seleção de tarefas				
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:		Folha Nº 01 de 10
	SUBSISTEMA Depuração	Subsistema A	Analista:	Data: 28/06/03	

FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA		ÁRVORE LÓGICA DE DECISÃO					DIAGRAMA DE DECISÃO									TAREFA		
				E	S	A	O	C	1	2	3	4	5	6	7	8	9		AÇÃO	Freq.
FF-01	Não operar completamente a separação de feixes longos de fibras, cavacos, lascas, cascas e demais rejeitos com tamanho maior que 10 mm da polpa.	MF-01	Motor elétrico do classificador queimado.	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	-	N	N	-	1-	Inspecionar visualmente para identificar entrada de água ou poeira no motor elétrico do classificador vibratório.	2S
		MF-02	Sobrecarga do motor elétrico do classificador.	S	N	N	S	B	N	-	-	-	N	-	-	N	-	1 -	Operar até ocorrer a sobrecarga do motor elétrico do classificador vibratório.	
		MF-03	Ruptura da mola do classificador vibratório.	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	-	N	N	N	1-	Inspeção visual para detecção de início de trincas no raio interno das molas do classificador vibratório	2S
																		2-	Operar até ocorrer a falha da mola do classificador vibratório.	
		MF-03	Ruptura do acoplamento elástico do classificador.	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	-	N	N	N	1-	Inspeção visual do acoplamento elástico do classificador vibratório.	2S
																		2-	Operar até ocorrer a falha do acoplamento elástico do classificador vibratório.	
		MF-05	Falha dos rolamentos do eixo de acoplamento do classificador.	S	N	N	S	B	S	S	S	S	N	N	S	N	-	1-	Inspeção do nível de óleo do mancal do eixo do acoplamento do classificador vibratório.	1S
																		2-	Verificação do nível de vibração do mancal do eixo de acoplamento do classificador vibratório.	2S
																		3-	Descarte programado dos rolamentos.	1A
		MF-06	Ruptura da estrutura de sustentação das peneiras.	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	N	N	N	N	1-	Inspeção visual para detecção de inicio de trincas na estrutura de sustentação lateral das peneiras do classificador vibratório.	3M
		MF-07	Furação da chapa protetora do rotor excêntrico da peneira vibratória.	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	-	S	N	-	1-	Inspeção visual para verificar a existência de desgaste da chapa protetora do rotor excêntrico.	3M
																		2-	Redirecionar o jato de água para longe da chapa protetora do rotor excentrico (operação).	1D
		MF-08	Ruptura das correias do classificador vibratório.	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	-	N	N	N	1-	Inspeção visual das correias do classificador vibratório para detecção das suas condições.	2S
																		2-	Operar até a falha da ruptura da correias do classificador vibratório.	

MCC	Planilha para seleção de tarefas				
	SISTEMA **PREPARAÇÃO DA POLPA**	**Sistema nº** **FPQM-03**	**Equipe:**		**Folha Nº** 02 de 10
	SUBSISTEMA **Depuração**	**Subsistema** **A**	**Analista:**	**Data:** **28/06/03**	

FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA		ÁRVORE LÓGICA DE DECISÃO					DIAGRAMA DE DECISÃO									TAREFA		
				E	S	A	O	C	1	2	3	4	5	6	7	8	9		AÇÃO	Freq.
FF-02	Não separar adequadamente feixes longos de fibras, cavacos, lascas, cascas e outros rejeitos com tamanho maior que 10 mm da polpa.	MF-09	Fissuramento e deformação da peneira do classificador vibratório.	N	N	N	N	D/ C	S	N	-	N	S	N	S	S	-	1-	Inspeção visual da peneira do classificador vibratório para identificação de fissuras e deformaçãoes (operação).	2S
		MF-10	Lascamento da peneira do classificador vibratório.	N	N	N	S	D/ B	S	N	-	N	S	-	N	N	N	1-	Inspeção visual da peneira do classificador vibratório para identificação de fissuras e deformaçãoes (operação).	2S
		MF-11	Ruptura das chapas laterais de sustentação da peneira do classificador vibratório.	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	-	N	N	N	1-	Inspeção visual para verificar a existência de trincas nas chapas laterais do classificador vibratório.	2S
																		2-	Operar até a falha devido as trincas nas chapas laterais do classificador vibratório.	
		MF-12	Afrouxamento dos parafusos de sustentação das chapas laterais da peneira do classificador vibratório.	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	-	S	N	-	1-	Inspeção visual para identificação de parafusos soltos nas chapas laterais da peneira do classificador vibratório.	2S
																		2-	Reaperto dos parafusos da chapa lateral da peneira do classificador vibratório com o torque necessário.	1M
		MF-13	Desgaste dos orifícios da peneira.	N	N	N	N	D/ C	S	N	-	N	S	-	S	S	-	1-	Inspeção visual para medir o tamanho dos orifícios da peneira vibratória.	4A
																		2-	Operar até ocorrer a falha devido ao desgaste dos orifícios da peneira do classificador vibratório.	
FF-03	Rejeitar as fibras boas da polpa com os feixes longos de fibras, lascas, cascas e outros rejeitos com tamanho maior que 10 mm.	MF-14	Entupimento dos orifícios da peneira do classificador vibratório.	S	N	N	N	C	S	N	-	S	N	-	S	S	-	1-	Inspeção visual do nível da peneira vibratória (operação).	1D
																		2-	Verificação da tensão de montagem das correias do classificador vibratório	1M
		MF-15	Entupimento do bico aspersor do chuveiro do classificador vibratório.	S	N	N	N	C	S	N	-	N	N	S	-	S	-	1-	Inspeção visual da operação do chuveiro do classificador vibratório para verificar possível entupimento.	1D
																		2-	Efetuar uma limpeza diária no início e final do trabalho com a máxima vazão do chuveiro	1D
																		3-	Operar até ocorrer a falha devido ao entupimento do bico do classificador vibratório.	

MCC

Planilha para seleção de tarefas

SISTEMA	Sistema nº	Equipe:		Folha Nº
PREPARAÇÃO DA POLPA	FPQM-03			03 de 10
SUBSISTEMA	Subsistema	Analista:	Data:	
Depuração	A		28/06/03	

FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA		ÁRVORE LÓGICA DE DECISÃO					DIAGRAMA DE DECISÃO									TAREFA		
				E	S	A	O	C	1	2	3	4	5	6	7	8	9		AÇÃO	Freq.
FF-03	Rejeitar as fibras boas da polpa com os feixes longos de fibras, lascas, cascas e outros rejeitos com tamanho maior que 10 mm.	MF-16	Ruptura do bico aspersor do chuveiro do classificador vibratório.	S	N	N	N	C	S	N	-	S	N	S	N	S	N	1-	Inspeção visual para identificar o início de trincas no bico do chuveiro do classificador vibratório.	2S
																		2-	Operar até ocorrer a ruptura do bico do chuveiro do classificador vibratório.	
FF-04	Não conter o fluxo da polpa para realizar a depuração pressurizada.	MF-17	Desgaste das gaxetas da bomba M06.	S	N	S	N	E	S	N	-	S	N	N	S	N	-	1-	Seguir recomendações da manutenção referentes ao aperto das gaxetas da bomba M06.	
																		2-	Inspeção visual das condições das gaxetas da bomba M06.	3M
																		3-	Inspeção visual do fluxo de água para a gaxeta da bomba M06 (operação).	1D
		MF-18	Desgaste da luva de desgaste do eixo da bomba M06.	S	N	S	N	E	S	N	-	N	N	N	S	N	-	1-	Seguir recomendações da manutenção referentes ao aperto das gaxetas da bomba M06.	
																		2-	Inspeção visual das condições da luva de desgaste do eixo da da bomba M06.	3M
																		3-	Inspeção visual do fluxo de aguá para a gaxeta da bomba M06(operação).	1D
		MF-19	Desgaste das gaxetas do depurador.	S	N	N	N	C	S	S	-	S	N	-	S	S	-	1-	Seguir recomendações da manutenção referentes ao aperto das gaxetas do depurador.	
																		2-	Inspeção visual das condições das gaxetas do depurador.	6M
																		3-	Inspeção visual do fluxo de água para a gaxeta do depurador (operação).	1D
		MF-20	Desgaste da luva de desgaste do eixo.	S	N	N	N	C	S	N	-	N	N	-	S	S	-	1-	Seguir recomendações da manutenção referentes ao aperto das gaxetas do depurador.	
																		2-	Inspeção visual das condições da luva de desgaste do eixo do depurador.	3M
																		3-	Inspeção visual do fluxo de aguá para a gaxeta do depurador (operação).	1D

MCC	**Planilha para seleção de tarefas**				
	SISTEMA **PREPARAÇÃO DA POLPA**	**Sistema nº** **FPQM-03**	**Equipe:**		**Folha Nº** 04 de 10
	SUBSISTEMA **Depuração**	**Subsistema** **A**	**Analista:**	**Data:** **28/06/03**	

FALHA FUNCIONAL		**MODO DE FALHA**		**ÁRVORE LÓGICA DE DECISÃO**					**DIAGRAMA DE DECISÃO**									**TAREFA**		
				E	**S**	**A**	**O**	**C**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**		**AÇÃO**	**Freq.**
FF-04	Não conter o fluxo da polpa para realizar a depuração pressurizada.	MF-21	Afrouxamento da porca borboleta do prensa gaxetas.	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	-	S	N	-	1-	Inspecionar o torque recomendado para o aperto da porca borboleta do prensa gaxetas.	3M
		MF-22	Ruptura do parafuso do prensa gaxetas.	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	-	-	N	-	1-	Operar até ocorrer a ruptura do parafuso do prensa gaxetas.	
		MF-23	Ruptura da tampa do depurador.	S	N	N	S	B	N	N	-	S	N	-	S	N	-	1-	Inspeção interna das condições de desgaste da tampa do depurador. Quando as marcas tiverem profundidade maior que 2,5 mm, soldar a tampa.	3M
		MF-24	Aparecimento de furos na tubulação e	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	N	-	N	-	1-	Operar até ocorrer o aparecimento de furos na tubulação e acessórios entre bomba e depurador.	
		MF-25	Fissuramento da tubulação.	S	N	N	N	C	N	N	-	N	N	-	-	S	S	1-	Montar uma junta de absorção de vibrações logo após a bomba M06.	
		MF-26	Desgaste das juntas das flanges de vedação.	S	N	N	S	B	N	N	-	N	N	-	-	N	N	1-	Operar até ocorrer o desgaste das juntas de vedação.	
		MF-27	Afrouxamento dos parafusos das flanges das juntas	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	-	S	N	S	1-	Reaperto dos parafusos das flanges da tubulação entre bomba M06 e depurador.	1M
																		2-	Montar uma junta de absorção de vibrações logo após a bomba M06.	
		MF-28	Fissuramento das juntas soldadas de vedação.	S	N	N	N	C	N	N	-	N	N	-	-	S	S	1-	Montar uma junta de absorção de vibrações logo após a bomba M06.	
FF-05	Não operar completamente o subsistema de armazenagem e transferência da água da gaxeta e polpa perdida do porão.	MF-29	Entrada de ar falsa na sucção.	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	-	N	N	N	1-	Inspeção visual para identificação de possíveis fissuras na tubulações.	2S
		MF-30	Boia furada.	N	N	N	S	D/ B	S	N	-	N	S	-	S	N	N	1-	Inspeção visual das condições da boia verificando a existência de corrosão.	2S
		MF-31	Não fechamento dos contatos do micro-swith.	N	N	N	S	D/ B	S	N	-	N	S	-	-	N	-	1-	Inspeção visual e limpeza dos contatos do *micro- swit* h.	1A
		MF-32	Entupimento do rotor da bomba M07.	S	N	N	S	B	N	N	-	N	N	-	-	-	-	1-	Operar até ocorrer o entupimento do rotor da bomba M07.	

MCC	Planilha para seleção de tarefas				
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:		Folha Nº 05 de 10
	SUBSISTEMA Depuração	Subsistema A	Analista:	Data: 28/06/03	

FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA		ÁRVORE LÓGICA DE DECISÃO					DIAGRAMA DE DECISÃO									TAREFA		
				E	S	A	O	C	1	2	3	4	5	6	7	8	9		AÇÃO	Freq.
FF-06	Não reter o refluxo de polpa parcialmente depurada para a	MF-33	Falta de estanqueidade da válvula de retenção.	S	N	N	N	C	N	N	-	N	N	-	-	S	-	1-	Operar até ocorrer a falta de estanqueidade da válvula de retenção.	
FF-07	Não garantir o refluxo de polpa parcialmente depurada para esgotar a tubulação.	MF-34	Travamento da válvula controladora de refluxo.	S	N	N	S	B	N	N	-	N	N	-	-	-	-	1-	Operar até ocorrer o travamento da válvula controladora de refluxo.	
		MF-35	Entupimento da tubulação de refluxo de polpa.	N	N	N	S	D/ B	N	N	-	N	S	-	-	N	-	1-	Operar até ocorrer o entupimento da tubulação de refluxo de polpa.	
FF-08	Transbordar o tanque T-600-06.	MF-36	Indicação indevida do transmissor de nível.	N	N	N	N	D/ C	N	N	-	S	-	-	S	N	-	1-	Recalibrar o sensor de indicação de nível.	1A
																		2-	Comparar o nível do tanque com aquele indicado pelo transmissor de nível.	3M
FF-09	Não operar completamente a separação pressurizada.	MF-37	Ruptura do eixo suporte do rotor do depurador.	S	N	N	S	B	N	N	-	S	N	-	N	N	-	1-	Inspeção do rotor para identificar o início de trincas.	3M
																		2-	Inspeção do eixo do rotor para identificar desalinhamentos.	3M
		MF-38	Ruptura do rotor do depurador.	S	N	N	S	B	S	N	-	S	N	-	-	N	-	1-	Inspeção visual do suporte do rotor para identificação de fisssuras.	3M
																		2-	Reaperto dos parafusos de fixação dos hidrofólios	3M
		MF-39	Falha dos mancais de rolamento do depurador.	S	N	N	S	B	S	S	S	S	N	-	S	N	N	1-	Inspeção do nível de óleo do mancal.	2S
																		2-	Inspeção do alinhamento do rotor.	3M
																		3-	Seguir procedimentos de manutenção dos mancais de rolamento do depurador	
																		4-	Verificar o nível de vibração do mancal	1M
																		5-	Descarte dos rolamentos do depurador	3M
		MF-40	Ruptura das chavetas das polias do	S	N	N	S	B	N	N	-	N	N	-	-	N	N	1-	Operar até ocorrer a ruptura das chavetas das polias do depurador.	
		MF-41	Ruptura das correias do depurador.	S	N	N	S	B	S	N	-	S	N	-	S	N	N	1-	Inspeção visual do estado das correias.	2S
																		2-	Inspeção e ajuste do tensionamento das correias do depurador.	1M

MCC	Planilha para seleção de tarefas				
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:		Folha Nº 06 de 10
	SUBSISTEMA Depuração	Subsistema A	Analista:	Data: 28/06/03	

FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA		ARVORE LOGICA DE DECISÃO					DIAGRAMA DE DECISÃO									TAREFA		
				E	S	A	O	C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	AÇÃO		Freq.
FF-09	Não operar completamente a separação pressurizada.	MF-42	Desarme do motor elétrico do depurador.	S	N	N	S	B	N	N	-	S	N	-	N	N	N	1-	Operar até ocorrer o desarme do motor elétrico do depurador.	
		MF-43	Falha dos rolamentos do motor elétrico do depurador.	S	N	N	S	B	S	S	S	S	N	-	S	N	N	1-	Inspeção do nível de óleo do mancal do motor elétrico do depurador.	2S
																		2-	Seguir procedimentos de manutenção dos mancais de rolamento do motor elétrico do depurador.	
																		3-	Verificar o nível de vibração do mancal do motor elétrico do depurador.	3M
																		4-	Descarte dos rolamentos do motor elétrico do depurador.	2A
		MF-44	Desarme do motor elétrico da bomba M06.	S	N	N	S	B	N	N	-	S	N	-	N	N	N	1-	Inspeção e ajuste da folga do rotor e tampa do motor elétrico da bomba M06.	6M
																		2-	Seguir procedimentos de montagem da bomba M06.	
		MF-45	Falha dos rolamentos do motor elétrico da bomba M06.	S	N	N	S	B	S	S	S	S	N	-	S	N	N	1-	Inspeção do nível de graxa do mancal do motor elétrico da bomba M06.	2S
																		2-	Seguir procedimentos de manutenção dos mancais de rolamento da bomba M06.	
																		3-	Verificar o nível de vibração do mancal do motor elétrico da bomba M06.	1M
																		4-	Descarte dos rolamentos do motor elétrico da bomba M06.	2A
		MF-46	Ruptura do acoplamento elástico da	S	N	N	S	B	S	N	-	S	N	-	S	N	-	1-	Inspeção visual do acoplamento elástico da bomba M06.	2S
		MF-48	Despreendimento do rotor da bomba M06.	S	N	N	S	B	N	N	-	N	N	-	-	N	-	1-	Operar até ocorrer o despreendimento do rotor da bomba M06.	
		MF-49	Ruptura da chaveta do eixo da bomba M06.	S	N	N	S	B	N	N	-	N	N	-	-	N	N	1-	Operar até ocorrer a ruptura da chaveta da eixo da bomba M06.	

MCC

	Planilha para seleção de tarefas			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:	Folha Nº 07 de 10
	SUBSISTEMA Depuração	Subsistema A	Analista:	Data: 28/06/03

FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA		ARVORE LOGICA DE DECISÃO					DIAGRAMA DE DECISÃO									TAREFA		
				E	S	A	O	C	1	2	3	4	5	6	7	8	9		AÇÃO	Freq.
FF-09	Não operar completamente a separação pressurizada.	MF-50	Ruptura do eixo da bomba M06.	S	N	N	S	B	N	N	-	S	N	-	-	N	N	1-	Inspeção para identificação de fissuras no eixo da bomba.	3M
																		1-	Operar até ocorrer a ruptura do eixo da bomba M06.	
		MF-51	Ruptura do rotor da bomba M06.	S	N	N	S	B	N	N	-	N	N	-	-	N	S	1-	Montar grade de proteção na saída do tanque T600-06.	
		MF-52	Entupimento do rotor da bomba M06.	S	N	N	S	B	N	N	-	N	N	-	-	N	-	1-	Operar até ocorrer o entupimento do rotor da bomba M06.	
FF-10	Não separar as fibras com dimensões superiores a 0,76 mm da polpa parcialmente depurada.	MF-53	Aumento do tamanho das fendas da cesta-peneira do depurador pressurizado.	N	N	N	N	D/ C	N	N	-	S	S	-	S	S	N	1-	Inspecionar o diâmetro das fendas da cesta peneira do depurador.	3A
		MF-54	Deformação das fendas da cesta-peneira do depurador pressurizado.	N	N	N	N	D/ C	N	N	-	N	S	-	-	S	-	1-	Operar até ocorrer a deformação das fendas da cesta peneira do depurador pressurizado.	
		MF-55	Ruptura das fendas da cesta-peneira do depurador pressurizado.	N	N	N	N	D/ C	N	N	-	S	S	-	S	S	-	1-	Inspeção visual e soldagem das fissuras na cesta peneira do depurador pressurizado.	3M
		MF-56	Deslocamento da cesta-peneira do depurador pressurizado.	N	N	N	N	D/ C	N	N	-	S	S	-	S	S	-	1-	Inspeção visual dos parafusos da cesta-peneira pressurizado.	3M
																		2-	Reaperto dos parafusos da cesta-peneira do depurador pressurizado.	3M
FF-11	Rejeitar todo o fluxo de polpa do depurador para a refinação (entupimento do processo de depuração).	MF-57	Entupimento da cesta-peneira do depurador.	S	N	N	S	B	N	N	-	S	N	-	-	N	-	1-	Inspeção e ajuste da folga entre hidrofólio e cesta-peneira do depurador pressuizado.	3M
																		2-	Reaperto dos parafusos do hidrofólio do depurador pressurizado.	3M

MCC	**Planilha para seleção de tarefas**				
	SISTEMA **PREPARAÇÃO DA POLPA**	**Sistema nº** **FPQM-03**	**Equipe:**		Folha Nº 08 de 10
	SUBSISTEMA **Depuração**	**Subsistema** **A**	**Analista:**	**Data:** **28/06/03**	

	FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA	ÁRVORE LÓGICA DE DECISÃO					DIAGRAMA DE DECISÃO									TAREFA		
				E	S	A	O	C	1	2	3	4	5	6	7	8	9		AÇÃO	Freq.
FF-11	Rejeitar todo o fluxo de polpa do depurador para a refinação (entupimento do processo de depuração).	MF-58	Entumpimento da válvula de polpa aceita do depurador.	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	-	S	N	N	1-	Limpeza da tubulação após cada parada (operação).	1D
		MF-59	Entupimento da tubulação.	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	-	S	N	N	1-	Limpeza da tubulação após cada parada (operação).	1D
FF-12	Não regular o diferencial de pressão entre a linha de entrada e saída da depuração pressurizada.	MF-60	Engripamento da rosca do parafuso de acionamento da válvula	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	-	S	N	N	1-	Lubrificação da rosca da haste de acionamento da válvula de polpa aceita.	2S
		MF-61	Espanamento da rosca do parafuso de acionamento da válvula	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	-	S	N	N	1-	Lubrificação da rosca da haste de acionamento da válvula de polpa aceita.	2S
		MF-62	Folga da rosca do parafuso de acionamento da válvula	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	-	S	N	N	1-	Lubrificação da rosca da haste de acionamento da válvula de polpa aceita.	2S
		MF-63	Travamento interno da guilhotina da válvula de polpa aceita.	S	N	N	S	B	N	N	-	N	N	-	-	N	-	1-	Operar até ocorrer o travamento interno da guilhotina da válvula de polpa aceita.	
FF-13	Não permitir a drenagem da polpa do depurador pressurizado e não permitir a separação do material pesado.	MF-66	Engripamento da rosca do parafuso de acionamento da válvula de drenagem do	N	N	N	S	D/ B	S	N	-	N	S	-	S	N	N	1-	Lubrificação da rosca da haste de acionamento da válvula de drenagem do depurador.	2S
		MF-67	Espanamento da rosca da porca de acionamento da válvula de drenagem do	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	-	S	N	N	1-	Lubrificação da rosca da haste de acionamento da válvula de drenagem do depurador.	2S
		MF-68	Travamento interno da guilhotina.	N	N	N	S	D/ B	S	N	-	N	S	-	N	N	-	1-	Limpeza da tubulação entre o depurador e o refinador após cada parada (operação)	1D

MCC	Planilha para seleção de tarefas				
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:		Folha Nº 09 de 10
	SUBSISTEMA Depuração	Subsistema A	Analista:	Data: 28/06/03	

FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA		ÁRVORE LÓGICA DE DECISÃO					DIAGRAMA DE DECISÃO									TAREFA		
				E	S	A	O	C	1	2	3	4	5	6	7	8	9		AÇÃO	Freq.
FF-14	Não permitir o fluxo da polpa rejeitada pela depuração pressurizada para o refinação.	MF-69	Entupimento da válvula de rejeitos leves.	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	-	S	N	N	1-	Limpeza da tubulação entre o depurador e o refinador após cada parada (operação)	1D
		MF-70	Entupimento da tubulação e acessórios entre o depurador e refinador.	S	N	N	S	B	S	N	-	S	N	-	S	N	N	1-	Limpeza da tubulação entre o depurador e o refinador após cada parada (operação).	1D
FF-15	Não indicar a pressão da linha de entrada da polpa do depurador.	MF-71	Quebra do manômetro do depurador (entrada da polpa).	S	N	N	N	C	S	N	-	S	N	-	S	S	N	1-	Calibração do manômetro do depurador (entrada de polpa).	1A
																		2-	Inspeção visual das condições do manômetro do depurador (entrada de polpa).	1S
FF-16	Indicar indevidamente a pressão da linha de entrada da polpa do depurador.	MF-72	Desajuste do manômetro do depurador (entrada da polpa).	S	N	N	N	C	S	N	-	S	N	-	S	S	N	1-	Calibração do manômetro do depurador (entrada de polpa).	1A
																		2-	Inspeção visual das condições do manômetro do depurador (entrada de polpa).	1S
FF-17	Não indicar a pressão da linha de saída de polpa aceita do depurador.	MF-73	Quebra do manômetro do depurador (saída da polpa aceita).	S	N	N	N	C	S	N	-	S	N	-	S	S	N	1-	Calibração do manômetro do depurador (saída de polpa aceita).	1A
																		2-	Inspeção visual das condições do manômetro do depurador (saída de polpa aceita).	1S
FF-18	Indicar indevidamente a pressão da linha de saída de polpa aceita do depurador.	MF-74	Desajuste do manômetro do depurador (saída da polpa aceita).	S	N	N	N	C	S	N	-	S	N	-	S	S	N	1-	Calibração do manômetro do depurador (saída de polpa aceita).	1A
																		2-	Inspeção visual das condições do manômetro do depurador (saída de polpa aceita).	1S

MCC	Planilha para seleção de tarefas				
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:		Folha Nº 10 de 10
	SUBSISTEMA Depuração	Subsistema A	Analista:	Data: 28/06/03	

FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA		ÁRVORE LÓGICA DE DECISÃO E	S	A	O	C	DIAGRAMA DE DECISÃO 1	2	3	4	5	6	7	8	9	TAREFA AÇÃO	Freq.
FF-19	Não indicar a pressão da linha de saída de rejeitos leves do depurador.	MF-75	Quebra do manômetro do depurador (saída de rejeitos leves).	S	N	N	N	C	S	N	-	S	N	-	S	S	N	1- Calibração do manômetro do depurador (saída de rejeitos leves).	1A
																		2- Inspeção visual das condições do manômetro do depurador (saída de rejeitos leves).	1S
FF-20	Indicar indevidamente a pressão da linha de saída de rejeitos leves do depurador.	MF-76	Desajuste do manômetro do depurador (saída de rejeitos leves).	S	N	N	N	C	S	N	-	S	N	-	S	S	N	1- Calibração do manômetro do depurador (saída de rejeitos leves).	1A
																		2- Inspeção visual das condições do manômetro do depurador (saída de rejeitos leves).	1S
FF-21	Não indicar a pressão da linha de descarga da bomba M 07.	MF-77	Quebra do manômetro da bomba M07.	S	N	N	N	C	S	N	-	S	N	-	S	S	N	1- Calibração do manômetro da bomba M07.	1A
																		2- Inspeção visual das condições do manômetro da bomba M07.	1S
FF-22	Indicar indevidamente a pressão da linha de descarga da bomba M 07.	MF-78	Desajuste do manômetro da bomba M07.	S	N	N	N	C	S	N	-	S	N	-	S	S	N	1- Calibração do manômetro da bomba M07.	1A
																		2- Inspeção visual das condições do manômetro da bomba M07.	1S

ANEXO 12

Planilha para determinação do plano de manutenção

MCC	PLANILHA DE DESCRIÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO MCC			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:	Folha Nº 01 de 07
	SUBSISTEMA Depuração	Subsistema nº	Analista:	Data: 28/06/03

Nº	ÍTEM FÍSICO	TAREFA DE MANUTENÇÃO	FREQ.
IC-01	Transmissor de nível do tanque T-600-07.	Comparar o nível do tanque com aquele indicado pelo transmissor de nível.	3M
IC-01	Transmissor de nível do tanque T-600-07.	Recalibrar o sensor de indicação de nível.	1A
IC-03	Manômetro da bomba M 07.	Calibração do manômetro da bomba M07.	1A
IC-03	Manômetro da bomba M 07.	Inspeção visual das condições do manômetro da bomba M07.	1S
IC-03	Manômetro da bomba M 07.	Calibração do manômetro da bomba M07.	1A
IC-03	Manômetro da bomba M 07.	Inspeção visual das condições do manômetro da bomba M07.	1S
IC-05	Manômetro do depurador (entrada da polpa).	Calibração do manômetro do depurador (entrada de polpa).	1A
IC-05	Manômetro do depurador (entrada da polpa).	Inspeção visual das condições do manômetro do depurador (entrada de polpa).	1S
IC-05	Manômetro do depurador (entrada da polpa).	Calibração do manômetro do depurador (entrada de polpa).	1A
IC-05	Manômetro do depurador (entrada da polpa).	Inspeção visual das condições do manômetro do depurador (entrada de polpa).	1S
IC-04	Manômetro do depurador (saída de rejeitos leves).	Calibração do manômetro do depurador (saída de rejeitos leves).	1A
IC-04	Manômetro do depurador (saída de rejeitos leves).	Inspeção visual das condições do manômetro do depurador (saída de rejeitos leves).	1S
IC-04	Manômetro do depurador (saída de rejeitos leves).	Calibração do manômetro do depurador (saída de rejeitos leves).	1A
IC-04	Manômetro do depurador (saída de rejeitos leves).	Inspeção visual das condições do manômetro do depurador (saída de rejeitos leves).	1S
IC-06	Manômetro do depurador (saída da polpa aceita).	Calibração do manômetro do depurador (saída de polpa aceita).	1A
IC-06	Manômetro do depurador (saída da polpa aceita).	Inspeção visual das condições do manômetro do depurador (saída de polpa aceita).	1S
IC-06	Manômetro do depurador (saída da polpa aceita).	Calibração do manômetro do depurador (saída de polpa aceita).	1A
IC-06	Manômetro do depurador (saída da polpa aceita).	Inspeção visual das condições do manômetro do depurador (saída de polpa aceita).	1S

	PLANILHA DE DESCRIÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO MCC				
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	**Sistema nº** FPQM-03	**Equipe:**		**Folha Nº** 02 de 07
	SUBSISTEMA Depuração	**Subsistema nº**	**Analista:**	**Data:** 28/06/03	

Nº	ÍTEM FÍSICO	TAREFA DE MANUTENÇÃO	FREQ.
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	Operar até ocorrer a falha devido ao desgaste dos orifícios da peneira do classificador vibratório.	
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	Inspecionar visualmente para identificar entrada de água ou poeira no motor elétrico do classificador vibratório.	2S
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	Operar até ocorrer a sobrecarga do motor elétrico do classificador vibratório.	
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	Inspeção visual do acoplamento elástico do classificador vibratório.	2S
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	Inspeção visual para detecção de início de trincas no raio interno das molas do classificador vibratório	2S
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	Operar até ocorrer a falha do acoplamento elástico do classificador vibratório.	
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	Operar até ocorrer a falha da mola do classificador vibratório.	
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	Descarte programado dos rolamentos.	1A
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	Inspeção do nível de óleo do mancal do eixo do acoplamento do classificador vibratório.	1S
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	Verificação do nível de vibração do mancal do eixo de acoplamento do classificador vibratório.	2S
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	Inspeção visual para detecção de inicio de trincas na estrutura de sustentação lateral das peneiras do classificador vibratório.	
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	Inspeção visual para verificar a existência de desgaste da chapa protetora do rotor excêntrico.	3M
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	Redirecionar o jato de água para longe da chapa protetora do rotor excentrico (operação).	1D
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	Inspeção visual das correias do classificador vibratório para detecção das suas condições.	2S
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	Operar até a falha da ruptura da correias do classificador vibratório.	
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	Inspeção visual da peneira do classificador vibratório para identificação de fissuras e deformaçãoes (operação).	2S
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	Inspeção visual da peneira do classificador vibratório para identificação de fissuras e deformaçãoes (operação).	2S

PLANILHA DE DESCRIÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO MCC				
SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:		Folha Nº 03 de 07
SUBSISTEMA Depuração	Subsistema nº	Analista:	Data: 28/06/03	

Nº	ÍTEM FÍSICO	TAREFA DE MANUTENÇÃO	FREQ.
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	Inspeção visual para verificar a existência de trincas nas chapas laterais do classificador vibratório.	2S
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	Operar até a falha devido as trincas nas chapas laterais do classificador vibratório.	
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	Inspeção visual para identificação de parafusos soltos nas chapas laterais da peneira do classificador vibratório.	2S
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	Reaperto dos parafusos da chapa lateral da peneira do classificador vibratório com o torque necessário.	1M
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	Inspeção visual para medir o tamanho dos orificios da peneira vibratória.	4A
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	Inspeção visual do nível da peneira vibratória (operação).	1D
IF-01	Conjunto classificador vibratório M13 e M14.	Verificação da tensão de montagem das correias do classificador vibratório	1M
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	Inspeção visual das condições das gaxetas da bomba M06.	3M
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	Inspeção visual do fluxo de água para a gaxeta da bomba M06 (operação).	1D
	Conjunto motobomba M 06.	Seguir recomendações da manutenção referentes ao aperto das gaxetas da bomba M06.	
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	Inspeção visual das condições da luva de desgaste do eixo da da bomba M06.	3M
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	Inspeção visual do fluxo de aguá para a gaxeta da bomba M06(operação).	1D
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	Seguir recomendações da manutenção referentes ao aperto das gaxetas da bomba M06.	
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	Inspeção e ajuste da folga do rotor e tampa do motor elétrico da bomba M06.	6M
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	Seguir procedimentos de montagem da bomba M06.	
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	Descarte dos rolamentos do motor elétrico da bomba M06.	2A
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	Inspeção do nível de graxa do mancal do motor elétrico da bomba M06.	2S
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	Seguir procedimentos de manutenção dos mancais de rolamento da bomba M06.	

PLANILHA DE DESCRIÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO MCC			
SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:	Folha Nº 04 de 07
SUBSISTEMA Depuração	Subsistema nº	Analista:	Data: 28/06/03

Nº	ÍTEM FÍSICO	TAREFA DE MANUTENÇÃO	FREQ.
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	Verificar o nível de vibração do mancal do motor elétrico da bomba M06.	1M
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	Inspeção visual do acoplamento elástico da bomba M06.	2S
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	Operar até ocorrer o despreendimento do rotor da bomba M06.	
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	Operar até ocorrer a ruptura da chaveta da eixo da bomba M06.	
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	Inspeção para identificação de fissuras no eixo da bomba.	3M
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	Operar até ocorrer a ruptura do eixo da bomba M06.	
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	Montar grade de proteção na saída do tanque T600-06.	
IF-02	Conjunto motobomba M 06.	Operar até ocorrer o entupimento do rotor da bomba M06.	
IF-04	Válvula de retenção da bomba M 06.	Operar até ocorrer a falta de estanqueidade da válvula de retenção.	
IF-05	Válvula controladora do refluxo para o tanque T-600-7.	Operar até ocorrer o travamento da válvula controladora de refluxo.	
IF-07	Chuveiro do classificador vibratório.	Operar até ocorrer a ruptura do bico do chuveiro do classificador vibratório.	
IF-07	Chuveiro do classificador vibratório.	Efetuar uma limpeza diária no início e final do trabalho com a máxima vazão do chuveiro	1D
IF-07	Chuveiro do classificador vibratório.	Inspeção visual da operação do chuveiro do classificador vibratório para verificar possível entupimento.	1D
IF-07	Chuveiro do classificador vibratório.	Operar até ocorrer a falha devido ao entupimento do bico do classificador vibratório.	
IF-07	Chuveiro do classificador vibratório.	Inspeção visual para identificar o início de trincas no bico do chuveiro do classificador vibratório.	2S
IF-08	Conjunto motobomba M 07.	Inspeção visual para identificação de possíveis fissuras na tubulações.	2S
IF-08	Conjunto motobomba M 07.	Inspeção visual das condições da boia verificando a existência de corrosão.	2S
IF-08	Conjunto motobomba M 07.	Inspeção visual e limpeza dos contatos do micro- swith.	1A
IF-08	Conjunto motobomba M 07.	Operar até ocorrer o entupimento do rotor da bomba M07.	

<table>
<tr><td rowspan="3"></td><td colspan="5">PLANILHA DE DESCRIÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO MCC</td></tr>
<tr><td>SISTEMA
PREPARAÇÃO DA POLPA</td><td>Sistema nº
FPQM-03</td><td colspan="2">Equipe:</td><td>Folha Nº
05 de 07</td></tr>
<tr><td>SUBSISTEMA
Depuração</td><td>Subsistema nº</td><td>Analista:</td><td colspan="2">Data:
28/06/03</td></tr>
</table>

Nº	ÍTEM FÍSICO	TAREFA DE MANUTENÇÃO	FREQ.
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Inspeção visual das condições das gaxetas do depurador.	6M
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Inspeção visual do fluxo de água para a gaxeta do depurador (operação).	1D
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Seguir recomendações da manutenção referentes ao aperto das gaxetas do depurador.	
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Inspeção visual das condições da luva de desgaste do eixo do depurador.	3M
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Inspeção visual do fluxo de aguá para a gaxeta do depurador (operação).	1D
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Seguir recomendações da manutenção referentes ao aperto das gaxetas do depurador.	
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Inspecionar o torque recomendado para o aperto da porca borboleta do prensa gaxetas.	3M
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Operar até ocorrer a ruptura do parafuso do prensa gaxetas.	
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Inspeção interna das condições de desgaste da tampa do depurador. Quando as marcas tiverem profundidade maior que 2,5 mm, soldar a tampa.	3M
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Inspeção do eixo do rotor para identificar desalinhamentos.	3M
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Inspeção do rotor para identificar o início de trincas.	3M
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Inspeção visual do suporte do rotor para identificação de fisssuras.	3M
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Reaperto dos parafusos de fixação dos hidrofólios	3M
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Descarte dos rolamentos do depurador	3M
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Inspeção do alinhamento do rotor.	3M
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Inspeção do nível de óleo do mancal.	2S
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Seguir procedimentos de manutenção dos mancais de rolamento do depurador	
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Verificar o nível de vibração do mancal	1M
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Operar até ocorrer a ruptura das chavetas das polias do depurador.	
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Inspeção visual do estado das correias.	2S

	PLANILHA DE DESCRIÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO MCC				
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:		Folha Nº 06 de 07
	SUBSISTEMA Depuração	Subsistema nº	Analista:	Data: 28/06/03	

Nº	ÍTEM FÍSICO	TAREFA DE MANUTENÇÃO	FREQ.
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Inspeção e ajuste do tensionamento das correias do depurador.	1M
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Operar até ocorrer o desarme do motor elétrico do depurador.	
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Descarte dos rolamentos do motor elétrico do depurador.	2A
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Inspeção do nível de óleo do mancal do motor elétrico do depurador.	2S
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Seguir procedimentos de manutenção dos mancais de rolamento do motor elétrico do depurador.	
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Verificar o nível de vibração do mancal do motor elétrico do depurador.	3M
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Inspecionar o diâmetro das fendas da cesta peneira do depurador.	3A
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Operar até ocorrer a deformação das fendas da cesta peneira do depurador pressurizado.	
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Inspeção visual e soldagem das fissuras na cesta peneira do depurador pressurizado.	3M
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Inspeção visual dos parafusos da cesta-peneira pressurizado.	3M
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Reaperto dos parafusos da cesta-peneira do depurador pressurizado.	3M
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Inspeção e ajuste da folga entre hidrofólio e cesta-peneira do depurador pressuizado.	3M
IF-13	Conjunto depurador pressurizado.	Reaperto dos parafusos do hidrofólio do depurador pressurizado.	3M
IF-15	Válvula de polpa aceita do depurador.	Limpeza da tubulação após cada parada (operação).	1D
IF-15	Válvula de polpa aceita do depurador.	Lubrificação da rosca da haste de acionamento da válvula de polpa aceita.	2S
IF-15	Válvula de polpa aceita do depurador.	Lubrificação da rosca da haste de acionamento da válvula de polpa aceita.	2S
IF-15	Válvula de polpa aceita do depurador.	Lubrificação da rosca da haste de acionamento da válvula de polpa aceita.	
IF-15	Válvula de polpa aceita do depurador.	Operar até ocorrer o travamento interno da guilhotina da válvula de polpa aceita.	
IF-17	Válvula de drenagem do depurador.	Lubrificação da rosca da haste de acionamento da válvula de drenagem do depurador.	2S

MCC	PLANILHA DE DESCRIÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO MCC				
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema nº FPQM-03	Equipe:		Folha Nº 07 de 07
	SUBSISTEMA Depuração	Subsistema nº	Analista:	Data: 28/06/03	

Nº	ÍTEM FÍSICO	TAREFA DE MANUTENÇÃO	FREQ.
IF-17	Válvula de drenagem do depurador.	Lubrificação da rosca da haste de acionamento da válvula de drenagem do depurador.	2S
IF-17	Válvula de drenagem do depurador.	Limpeza da tubulação entre o depurador e o refinador após cada parada (operação)	1D
IF-18	Válvula de rejeitos leves do depurador.	Limpeza da tubulação entre o depurador e o refinador após cada parada (operação)	1D
IF-19	Tubulação de polpa e acessórios entre o tanque T-600-07 e depurador.	Operar até ocorrer o aparecimento de furos na tubulação e acessórios entre bomba e depurador.	
IF-19	Tubulação de polpa e acessórios entre o tanque T-600-07 e depurador.	Montar uma junta de absorção de vibrações logo após a bomba M06.	
IF-19	Tubulação de polpa e acessórios entre o tanque T-600-07 e depurador.	Operar até ocorrer o desgaste das juntas de vedação.	
IF-19	Tubulação de polpa e acessórios entre o tanque T-600-07 e depurador.	Montar uma junta de absorção de vibrações logo após a bomba M06.	
IF-19	Tubulação de polpa e acessórios entre o tanque T-600-07 e depurador.	Reaperto dos parafusos das flanges da tubulação entre bomba M06 e depurador.	1M
IF-19	Tubulação de polpa e acessórios entre o tanque T-600-07 e depurador.	Montar uma junta de absorção de vibrações logo após a bomba M06.	
IF-20	Tubulação de polpa e acessórios para refluxo de polpa para o tanque T-600-07.	Operar até ocorrer o entupimento da tubulação de refluxo de polpa.	
IF-21	Tubulação de polpa e acessórios entre o depurador e o refinador.	Limpeza da tubulação entre o depurador e o refinador após cada parada (operação).	1D
IF-22	Tubulação de polpa e acessórios entre o depurador e o Side Hill.	Limpeza da tubulação após cada parada (operação).	1D